UNIVERSITY OF TORONTO
3 1761 01298446 4

229

38 5

RECUEIL DE RAPPORTS

SUR

L'ÉTAT DES LETTRES ET LES PROGRÈS DES SCIENCES

EN FRANCE.

PARIS.

LIBRAIRIE DE L. HACHETTE ET CIE,

BOULEVARD SAINT-GERMAIN, N° 77.

RECUEIL DE RAPPORTS

SUR

L'ÉTAT DES LETTRES ET LES PROGRÈS DES SCIENCES

EN FRANCE.

RAPPORT SUR LES PROGRÈS

DE

LA STRATIGRAPHIE

PAR

M. L. ÉLIE DE BEAUMONT,

SÉNATEUR, MEMBRE DE L'INSTITUT,

PROFESSEUR À L'ÉCOLE DES MINES ET AU COLLÉGE DE FRANCE.

PUBLICATION FAITE SOUS LES AUSPICES

DU MINISTÈRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE.

PARIS.

IMPRIMÉ PAR AUTORISATION DE SON EXC. LE GARDE DES SCEAUX

A L'IMPRIMERIE IMPÉRIALE.

M DCCC LXIX.

LIBRARY
MAY 16 1974
UNIVERSITY OF TORONTO

QE
651
E4

AVERTISSEMENT.

La *stratigraphie* est la partie de la géologie qui s'occupe de la description géométrique et du figuré graphique des masses minérales. Ces masses ont très-souvent la forme de couches, en latin *strata*, mot dont on a généralisé le sens dans le mot *stratigraphie*.

La *stratigraphie* comprend tout ce qui est susceptible d'une définition précise dans les formes et dans l'ajustage des masses minérales dont se compose l'écorce terrestre. Elle est sœur de la géographie, et elle contient la quintessence de la topographie. Elle part des grands traits orographiques de la surface du globe, dont la détermination a illustré les plus célèbres voyageurs, et elle descend aux dernières ramifications des gîtes métallifères, observables dans les mines à l'aide d'une lampe et d'une boussole.

Cet enchaînement naturel traçait à l'auteur la marche à suivre dans son travail. Commençant par les *systèmes de montagnes*, qui sont les traits fondamentaux de la configuration extérieure du globe, et par les *systèmes stratigraphiques*, qui sont l'expression géométrique de leur structure intérieure, il a réservé pour la fin du Rapport la distribution et la disposition intérieure des gîtes minéraux.

Il ne pouvait songer à remonter à la notion première des systèmes de montagnes, qui est devenue élémentaire depuis

longtemps. Ayant publié, en 1852, un ouvrage intitulé *Notice sur les systèmes de montagnes*, dans lequel il avait parlé de tous les *systèmes* qui lui étaient connus, il a cru devoir se borner à reprendre la science au point où il l'avait laissée dans ce travail et ne s'occuper que des accroissements qu'elle a reçus depuis lors. Chaque fois que la nécessité s'en est fait sentir, il a renvoyé explicitement le lecteur à sa précédente publication, à laquelle il n'a emprunté que certaines définitions qu'il était difficile de ne pas reproduire.

Le rapport est divisé en *cinq parties*.

La PREMIÈRE est consacrée aux *nouveaux systèmes de montagnes*, c'est-à-dire à ceux qui ont été découverts, ou mieux formulés, depuis 1852.

La SECONDE PARTIE a pour objet la *corrélation des directions des différents systèmes de montagnes*. On y trouve la définition du *réseau pentagonal*, figure qui représente la loi géométrique suivant laquelle les positions des divers *systèmes stratigraphiques* sont liées les unes aux autres.

Pour faciliter la lecture de la suite du Rapport, où il est souvent question du *réseau pentagonal*, l'auteur a cru devoir la faire précéder d'une analyse, abrégée et simplifiée autant que possible, de ce qui se rapporte au *réseau* dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, à laquelle, pour cette fois seulement, il ne s'est pas borné à renvoyer.

La TROISIÈME PARTIE, intitulée *Installation du réseau pentagonal sur la surface du globe terrestre*, fait connaître l'existence et l'origine des *données numériques* au moyen desquelles on peut aujourd'hui tracer le *réseau pentagonal* avec autant de facilité que de précision, soit sur un globe terrestre grand ou petit, soit sur des cartes géographiques ou topographiques d'une échelle et d'une projection quelconques.

La QUATRIÈME PARTIE du Rapport, qui est la plus étendue, s'occupe des *relations existantes entre le réseau pentagonal et les inégalités de l'écorce terrestre.* L'auteur y a fait entrer, dans la mesure qui lui a paru nécessaire pour dissiper tous les doutes, les résultats des études auxquelles il n'a pas cessé de se livrer, pour constater le degré de précision avec lequel le réseau pentagonal s'applique aux accidents géologiques, orographiques et topographiques de la surface de la terre.

En étudiant d'une manière uniforme le cours des différents cercles du *réseau*, il a été conduit à faire entrer dans son exposé des remarques et des considérations géologiques d'une nature variée.

La CINQUIÈME PARTIE du Rapport comprend les *applications de la stratigraphie*, représentée par le réseau pentagonal, *à la topographie, à la distribution des substances minérales et à la structure intérieure des gîtes métallifères.* Elle renferme le précis de différents travaux dus aux savants distingués qui se sont associés aux vues de l'auteur et les ont fécondées par leurs propres inspirations. Une vaste et utile carrière semble ouverte aux travaux de ce genre; en se multipliant, ils formeront un ensemble d'études qui conduira à l'exploitation la mieux entendue du globe terrestre, dont toutes les formes, tant intérieures qu'extérieures, sont soumises aux lois établies par la stratigraphie.

Paris, le 16 décembre 1868.

L. E. D. B.

RAPPORT SUR LES PROGRÈS
DE LA STRATIGRAPHIE
EN FRANCE
DEPUIS VINGT ANS.

PREMIÈRE PARTIE.

NOUVEAUX SYSTÈMES DE MONTAGNES.

L'étude de l'âge relatif des montagnes et de leur répartition en systèmes, formés de chaînons contemporains et parallèles entre eux, a continué pendant les vingt dernières années à fixer l'attention des géologues. D'habiles observateurs, français pour la plupart, s'en sont occupés dans l'un et dans l'autre hémisphère.

EUROPE.

M. Alexandre Vézian, aujourd'hui professeur de minéralogie et de géologie à la Faculté des sciences de Besançon, après une étude approfondie du sol de la Catalogne, y a signalé, dans les environs de Barcelone, deux systèmes de soulèvement encore inédits qu'il a désignés sous les noms de *système du mont Seny* et de *système du mont Serrat*[1].

[1] *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, t. XLIII, p. 752, 20 octobre 1856.

Le *système du mont Serrat* est celui dont l'empreinte dans les environs de Barcelone est la plus nette. Son influence est considérable sur la stratigraphie proprement dite de cette contrée, c'est-à-dire sur la direction des couches redressées, ainsi que sur la constitution topographique. Il se compose d'accidents stratigraphiques, dirigés, près de Barcelone, vers le N. 42° O., et qui comprennent en particulier la célèbre montagne du Mont Serrat. Ces accidents sont postérieurs aux terrains nummulitique et miocène qu'ils ont soulevés. Ils correspondent chronologiquement à l'intervalle des deux étages dont se compose, d'après M. Vézian, le terrain pliocène dans le bassin de la Méditerranée. Par son âge et par sa direction, le *système du mont Serrat* se placerait ainsi entre les deux *systèmes des Alpes occidentales* et *des Alpes principales :* sa direction partage en deux parties presque égales l'angle obtus de 132 degrés formé par les directions de ces deux derniers systèmes transportées à Barcelone.

Le *système du mont Seny* n'est représenté, aux environs de Barcelone, que par une seule ligne stratigraphique; mais cette ligne est remarquable par son vaste développement. Elle se prolonge sans solution de continuité depuis Castell de Fels, à 12 kilomètres sud-ouest de Barcelone, jusqu'au massif granitique du mont Seny, qui s'élève sur la rive droite du Ter, à une hauteur de près de 1,700 mètres. Cette ligne ne quitte pas les terrains granitiques et schisteux. Son orientation est au N. 34° E. Elle est loin de constituer un accident local. Sa direction prolongée, qui peut être adoptée comme *grand cercle de comparaison provisoire*[1] de tout le système, passe par les îles Columbrètes, qui forment sans doute, dit M. Vézian, le point culminant d'une chaîne sous-marine placée sur son prolongement. Elle coïncide avec le littoral de l'Espagne depuis Denia jusqu'à Carthagène, et conserve un parallélisme assez

[1] Voyez, pour le sens de cette expression, la *Notice sur les systèmes de montagnes*, par M. Élie de Beaumont, p. 19, 827 et autres indiquées dans la table des matières de l'ouvrage.

marqué avec toute la côte ibérique, depuis Tarragone jusqu'au cap de Gates.

Le soulèvement de ce système est antérieur au terrain nummulitique et se place probablement entre les terrains liassique et oolithique, ce qui est en harmonie, comme le remarque M. Vézian, avec la circonstance que sa direction coupe perpendiculairement celle du système du Thüringerwald.

M. Alexandre Vézian, qui s'est beaucoup occupé de la mise en évidence des systèmes de montagnes, à laquelle il a appliqué des procédés cartographiques ingénieux, a signalé en France même plusieurs systèmes nouveaux, tels que :

Le *système du mont Ventoux* ou *du littoral du Languedoc*[1], orienté à Montpellier de l'O. 36°S. à l'E. 36° N., qui se serait produit, d'après M. Vézian, entre le dépôt du diluvium alpin et celui des alluvions modernes, et qui par conséquent serait plus récent que le système des Alpes principales, mais plus ancien que le système de l'axe volcanique de la Méditerranée ;

Le *système de la vallée du Doubs et de l'Alpe de la Souabe*[2], dirigé à Besançon E. 30° 30′ N., qui se serait produit entre le dépôt de l'oolithe inférieure et celui du terrain oxfordien, mais au sujet duquel on a remarqué que son orientation ne diffère que de 1° 10′ de celle du système du Hundsrück, dont il pourrait n'être qu'une reproduction ;

Le *système de la Margeride*, orienté dans les Cévennes N. 33° 15′ 25″ O. et le *système des Vosges*, orienté dans les Vosges N. 15° E. ; systèmes dont les directions seraient respectivement perpendiculaires à celles des systèmes du Hundsrück et des Ballons[3].

Ces indications et plusieurs autres, que M. Vézian n'a données d'abord que d'une manière très-sommaire, sont reproduites avec

[1] *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, t. XLIV, p. 139, séance du 26 janvier 1857.

[2] *Comptes rendus*, t. XLVIII, p. 107, séance du 10 janvier 1859.

[3] *Comptes rendus*, t. L, p. 89, séance du 9 janvier 1860.

plus de détails dans l'ouvrage que le savant professeur a publié en trois volumes, de 1863 à 1867, sous le titre de *Prodrome de Géologie.*

M. Élie de Beaumont, dans un travail qu'il a exécuté et publié avec M. de Chancourtois *sur les accidents stratigraphiques du département de la Haute-Marne*[1], a fait connaître un système stratigraphique qui lui avait échappé jusqu'alors, celui d'un groupe de *failles dans la Haute-Marne*, qu'il a désigné aussi (par des raisons qui trouveront leur place plus loin) sous la dénomination d'*homologue du Sancerrois* (*Hécla*). L'orientation de ce système, dont la date, probablement récente, n'est pas encore complétement déterminée, est à Buxières-lez-Belmont (Haute-Marne) S. 31°15′ E., N. 31°15′ O.

M. le comte de Villeneuve-Flayosc, ingénieur en chef des mines, a publié en 1856 une carte géologique du département du Var, accompagnée d'un volume de texte intitulé *Description minéralogique et géologique du Var*. Dans cet important ouvrage, où la constitution géologique du département du Var, et même de la Provence en général, est envisagée sous toutes ses faces et dans ses rapports avec celle des contrées voisines, M. de Villeneuve signale un certain nombre de lignes de dislocation et d'accidents orographiques qui ne se rapportent à aucun des systèmes de montagnes reconnus jusqu'à présent, et qui pourraient devenir les premiers linéaments de systèmes nouveaux. L'auteur spécifie même sous des noms particuliers neuf de ces systèmes, mais il ne formule peut-être pas encore ces indications d'une manière assez précise pour que les systèmes dont il s'agit puissent être enregistrés ici concurremment avec les systèmes de montagnes complétement définis.

M. Durocher, ingénieur des mines, correspondant de l'Institut, professeur de minéralogie et de géologie à la Faculté des sciences de Rennes, qu'une mort prématurée a ravi à la science au milieu de ses travaux les plus actifs, avait présenté à l'Académie, le 10 juin

[1] *Comptes rendus*, t. LV, p. 76, 113 et 163, séances des 14, 21 et 28 juillet 1862.

1850, un mémoire où il faisait connaître les systèmes de montagnes que ses observations dans la Scandinavie l'avaient conduit à établir. L'année suivante, il avait présenté un nouveau mémoire intitulé *Observations sur les systèmes de soulèvement de la France occidentale et des Pyrénées*[1], et il est encore revenu sur ce sujet dans un travail subséquent intitulé *Études sur l'orographie et la géologie de la Norvége, de la Suède et de la Finlande*[2].

Sur la carte jointe à mon mémoire, j'ai indiqué, dit M. Durocher « les principaux systèmes de dislocation qui ont redressé les terrains azoïques et paléologiques et qui ont produit la configuration des contrées scandinaves. J'ai reconnu les traces de plusieurs des systèmes qu'a fondés M. Élie de Beaumont, et j'ai été conduit par mes observations stratigraphiques et l'examen des accidents orographiques à créer plusieurs nouveaux systèmes..... » Les douze systèmes de M. Durocher, neuf pour la Scandinavie et trois pour la France occidentale, ont été énumérés par M. Élie de Beaumont dans sa *Notice sur les systèmes de montagnes*, publiée en 1852. Il serait inutile de les récapituler ici : on se bornera à exprimer le regret que M. Durocher n'ait pas ajouté à la suite de son travail de 1856 certains compléments auxquels sa mort, survenue peu de temps après, l'a empêché de revenir, et auxquels on ne saurait suppléer aujourd'hui sans un assez long travail, dont on ne pourra peut-être pas même retrouver les éléments.

M. Victor Raulin, professeur de minéralogie et de géologie à la Faculté des sciences de Bordeaux, auquel on devait déjà l'établissement du *système du Sancerrois*[3], ayant été chargé, en 1845, d'une mission scientifique dans l'île de Crète (Candie), y a recueilli les éléments d'un important ouvrage, accompagné d'une carte géologique rectifiée, pour le contour des côtes, d'après la

[1] *Comptes rendus*, t. XXXIII, p. 161, séance du 11 août 1861.

[2] *Comptes rendus*, t. XLIII, p. 1114, séance du 15 décembre 1856.

[3] Voir la *Notice sur les systèmes de montagnes*, par M. Élie de Beaumont, p. 523 et suiv.

triangulation intérieure, exécutée par lui-même. Après l'achèvement de ce grand travail, M. Raulin a présenté à l'Académie des sciences une notice *sur les différentes révolutions de la surface du globe qui ont façonné le relief de l'île de Crète*[1], et il la termine par les lignes suivantes : « En résumé, il semble bien probable que c'est aux systèmes des *Pyrénées* ou achaïque et du *Sancerrois* ou de l'Érymanthe, que la Crète doit les traits principaux de son relief, les extrémités surtout ayant été façonnées par d'autres systèmes, peut-être ceux de la *Corse* et du *Vercors*. Le système des *Alpes principales* ou argolique, enfin, aurait occasionné une dernière élévation en masse, qui a donné à l'île son unité (mais en empruntant la direction du *système du Tatra*, *du Rilo dagh*, *de l'Hæmus*, plus ancien que les assises tertiaires qui constituent les parties plates de l'île). » M. Raulin signale aussi dans les montagnes de la Crète de profondes fissures dans la direction du système du Ténare.

AFRIQUE.

Ainsi qu'on peut le voir dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, le rôle que jouent dans la structure du sol de l'Afrique septentrionale les systèmes de montagnes les plus fortement prononcés dans le midi de l'Europe avait été esquissé au moment même où l'armée française faisait la conquête de l'Algérie. Peu d'années après, M. Puillon-Boblaye, comme ingénieur géographe, et surtout M. Émilien Renou, comme membre de la Commission scientifique de l'Algérie, avaient perfectionné ces premiers essais et assigné aux systèmes des Pyrénées, des Alpes occidentales, des Alpes principales, le rôle qui leur a appartenu dans la formation du relief algérien.

Mais ces importants travaux, dont le plus récent remonte à l'année 1838, avaient été entravés par l'état alors précaire de notre

[1] *Comptes rendus*, t. LII, p. 690, séance du 8 avril 1861.

domination dans la contrée, qui interdisait encore aux explorateurs l'accès d'un grand nombre de localités et ne leur permettait de parcourir la plupart des autres que d'une manière rapide, à la suite des colonnes expéditionnaires. Il restait donc encore beaucoup à faire aux ingénieurs et aux gardes-mines qui seraient chargés de dresser plus tard des cartes géologiques des différentes subdivisions de nos possessions africaines.

M. A. Pomel, connu déjà par des travaux d'un mérite distingué sur l'ostéologie et les gisements des animaux fossiles de France, s'est fixé depuis quinze ans en Algérie, d'abord comme l'un des directeurs des mines de plomb de Gar-Rouban, sur la frontière du Maroc, et ensuite comme garde-mines attaché alternativement à l'exploration géologique des provinces d'Alger et d'Oran.

A portée d'approfondir des détails que ses devanciers n'avaient pu qu'effleurer, M. Pomel a signalé en Algérie la présence d'un certain nombre de systèmes de montagnes qui n'avaient pas été aperçus avant lui, et dont plusieurs même sont nouveaux et n'avaient été signalés nulle part. Il en a donné un exemple remarquable dans une notice qu'il a adressée à l'Académie des sciences sur *le pays des Beni-Bou-Saïd*, près de la frontière du Maroc[1]. L'auteur a reconnu dans les schistes anciens des traces plus ou moins développées des systèmes du Finistère, du Morbihan, du Hundsrück, du nord de l'Angleterre, du Rhin, du Thüringerwald, de la Côte-d'Or, du mont Viso, des Pyrénées, des îles de Corse et de Sardaigne, des Alpes occidentales et de la chaîne principale des Alpes. Dans une première *Note sur la constitution géologique de quelques parties de la province d'Oran*[2], il y avait déjà signalé des évents éruptifs dans un terrain gypseux. La date de ces phénomènes ne peut remonter, disait-il, à une époque bien ancienne; elle est postérieure évidemment à celle des dislocations du système des Alpes principales; elle ne peut concorder qu'avec celles de l'apparition du *système du*

[1] *Comptes rendus*, t. XL, p. 882, séance du 16 avril 1855.

[2] *Comptes rendus*, t. XXXVIII, p. 836, séance du 8 mai 1854.

Ténare ou *de l'axe volcanique méditerranéen.* Plus tard, dans une nouvelle série d'*Observations sur la structure géologique de l'Algérie*[1], M. Pomel signalait aux environs des mines de Gar-Rouban le système du Forez, déjà reconnu dans le Maroc par M. Coquand, et aux environs de Milianah (province d'Alger) les systèmes du mont Viso, du Tatra, des Alpes occidentales, des Alpes principales, et un système particulier postérieur aux mollasses, qu'il a nommé plus tard *système de l'Érymanthe et du Mermoucha.*

C'était confirmer d'une manière péremptoire les premiers aperçus d'après lesquels on avait cherché dès l'abord, dans l'action des forces qui avaient produit les systèmes de montagnes européens, l'explication des formes si fortement accentuées des reliefs algériens. Mais M. Pomel ne s'en est pas tenu là, car les observations qu'il a faites en Algérie sur les prolongations des systèmes européens ont complété la détermination encore incertaine de l'âge relatif de quelques-uns de ceux-ci, notamment pour le système du Vercors.

M. Pomel avait retrouvé en Algérie le système du Vercors, caractérisé d'une manière très-précise par sa direction; mais, en France, l'âge relatif du système du Vercors était resté en partie indéterminé. On savait seulement qu'il était plus récent que le terrain crétacé inférieur[2]. M. Pomel, en réunissant ses observations en Algérie aux observations faites en Europe, est arrivé à un nouveau mode de division de l'étage miocène des terrains tertiaires, et a trouvé que le *système du Vercors* correspond à l'une des subdivisions qu'il a établies.

M. Élie de Beaumont, dans sa *Notice sur les systèmes de montagnes*, avait réuni le *système de l'Érymanthe*, établi en Grèce par MM. Boblaye et Virlet, au *système du Sancerrois*, établi en France par M. Victor Raulin, et il avait adopté un *système de l'Érymanthe et du Sancerrois*[3]. M. Pomel a découvert en Algérie un système nouveau et

[1] *Comptes rendus*, t. XLIII, p. 880, séance du 3 novembre 1856.

[2] *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 531. — [3] *Ibid.* p. 520.

très-développé dont l'empreinte est, dit-il, fortement accentuée dans le mont Mermoucha, près de Milianah, et il a reconnu l'opportunité d'y réunir le système de l'Érymanthe. Il a constitué ainsi le *système de l'Érymanthe et du Mermoucha*, système très-bien caractérisé, dont il a trouvé la date dans la série des dépôts miocènes.

Dans quatre notices adressées par lui à l'Académie *sur les soulèvements du massif de Milianah*[1], M. Pomel classe dans l'ordre suivant les systèmes qui s'y observent :

Système du mont Viso;

Système des Pyrénées;

Système des îles de Corse et de Sardaigne, immédiatement antérieur au dépôt du grès de Fontainebleau;

Système du Tatra, immédiatement antérieur au terrain cartenien, qui serait, d'après M. Pomel, la base de l'étage miocène;

Système du Vercors, immédiatement antérieur aux mollasses marines;

Système de l'Érymanthe et du Mermoucha, immédiatement antérieur au terrain sahélien, dernier dépôt de l'étage miocène.

Le système du Sancerrois, qui est cependant très-bien caractérisé, n'a pas de place distincte dans cette série, ce qui paraît laisser encore un *desideratum* dans l'important et consciencieux travail de l'auteur.

Subséquemment, dans un mémoire *sur quelques-unes des révolutions du globe qui ont construit les reliefs de l'Algérie*[2], M. Pomel a complété cette série de la manière suivante :

Système des Alpes occidentales, postérieur au terrain sahélien et antérieur au terrain subapennin;

Système du Nador. Par son âge, comme par la direction que M. Pomel lui assigne, ce système se rapproche beaucoup du *système*

[1] *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLVII, p. 200, 479, 852 et 949, séances des 19 juillet, 20 septembre, 29 novembre et 13 décembre 1858.

[2] *Comptes rendus*, t. XLVIII, p. 992, séance du 23 mai 1859.

du mont Serrat de M. Vézian, déjà indiqué précédemment. Peut-être doit-on le rapprocher d'un système de rides dirigé N. 30° O. environ, indiqué par M. Renou entre Medeah et Saïda, et d'un système de dislocations signalé par M. Le Play sur les confins de l'Estramadure et du Portugal[1]. Il y a là aussi matière à des rapprochements d'âge et de direction avec le système des Açores, mais la distance transversale est bien grande!

Système des Alpes principales, antérieur au terrain de transport et aux dépôts marins côtiers;

Système de l'Èbre (?), antérieur aux dépôts marins côtiers à *Elephas meridionalis* et au terrain des *sebkas;*

Système du Ténare et de l'axe volcanique de la Méditerranée, antérieur aux alluvions de grandes plaines et aux alluvions modernes.

Les hardis voyageurs qui, au milieu de tant de dangers, ont exploré les contrées inhospitalières de l'intérieur de l'Afrique, n'ont fourni jusqu'à présent aucune donnée précise sur la décomposition en systèmes des montagnes qui s'y élèvent. Il faut aller jusqu'à Madagascar pour retrouver des notions de ce genre.

On les doit à M. Édouard Guillemin, qui, dans un voyage d'exploration entrepris pendant l'année 1863, a parcouru les côtes nord-est et nord-ouest de Madagascar et observé la direction des principaux soulèvements du nord de cette grande île.

En rangeant ces directions dans l'ordre d'ancienneté des soulèvements, on a, dit M. Guillemin[2] :

1° *Système du Morbihan.* Granites anciens de la presqu'île d'Antongil, dirigés N. 33° O. Ils appartiennent au *système du Morbihan*, dont la direction prolongée traverse ces parages avec cette même orientation.

2° *Système des Ballons? limite du terrain houiller.* La limite du bassin houiller de la côte nord-ouest est dirigée N. 46° 30′ O.

[1] Voyages en Espagne, *Annales des mines*, 3e série, t. IV (1834).

[2] Études sur les soulèvements de Madagascar, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLIX, p. 993, séance du 12 décembre 1864.

Cette direction coïncide presque exactement avec celle du *système des Ballons* transportée dans les parages de Madagascar; mais il est à remarquer que la direction prolongée du système des *Ballons* passe à une grande distance au nord, à 30 degrés environ, de Madagascar.

3° *Système central de Madagascar.* Le soulèvement central (axe de Madagascar), à en juger par les chaînes parallèles situées près de la côte est, et par l'île Sainte-Marie, serait dirigé N. 24° 30′ E. Le soulèvement central est celui qui a joué le plus grand rôle dans l'orographie générale du pays. L'ensemble des chaînes qu'il a produites se prolonge vers le sud jusqu'à l'extrémité de l'île. Il est parallèle aux montagnes de la côte orientale de l'Afrique et à la direction générale du canal de Mozambique. La masse soulevante est granitique. Les basaltes se sont fait jour en grandes masses et postérieurement par les dislocations de ce système.

4° *Système des granites et des porphyres*, en relation avec les pétrosilex et les quartzites, dirigé N. 3° O.

5° *Système des diorites.* Le système dioritique de la Réunion et des Comores, qui traverse Madagascar, en y laissant des accidents orographiques et topographiques assez tranchés, est dirigé N. 48 à 49° O.

6° *Système de l'axe basaltique de la côte nord-ouest*, dirigé N. 42° 30′ E. Il se jalonne sur plus de 200 kilomètres de longueur.

7° *Système de l'axe basaltique de la côte nord-est*, formé par une série de chaînons parallèles affectant la direction N. 14° O.

AMÉRIQUE.

Sous le rapport de la répartition des montagnes en systèmes d'âges différents, le nouveau monde est soumis aux mêmes lois que l'ancien, et la *Notice sur les systèmes de montagnes* fait connaître les nombreux essais déjà faits il y a quinze ans pour leur classification. L'auteur de la *Notice* avait même signalé dans l'Amérique du Nord la prolongation de trois des principaux systèmes de l'Europe.

M. Jules Marcou, après avoir exploré une partie considérable de ce continent, qu'il a traversé d'un océan à l'autre, a repris ce sujet dans son ensemble dans un mémoire intitulé *Esquisse d'une classification des montagnes d'une partie de l'Amérique du Nord,* qu'il a présenté à l'Académe des Sciences[1].

« Essayer de classer géologiquement, c'est-à-dire d'après leur ordre chronologique, les différentes chaînes de montagnes qui se trouvent aux États-Unis et dans les provinces anglaises de l'Amérique du Nord, est un travail qui, actuellement, dit M. Marcou, ne peut être que provisoire, vu le petit nombre des observations et l'immense étendue de pays que comprend cette partie du nouveau monde. Dans l'Europe occidentale, M. Élie de Beaumont a reconnu et classé vingt et un systèmes de chaînes de montagnes, et, de plus, ce savant a prolongé plusieurs de ces systèmes dans les autres parties du monde. Deux de ces prolongements coïncident de la manière la plus complète avec deux systèmes de montagnes qui se trouvent dans la partie de l'Amérique du Nord embrassée dans cette *Esquisse :* l'un, désigné sous le nom de *système des Ballons et des Collines du Bocage* et qui a disloqué les couches de terrain carbonifère dans la Bretagne, le Westmoreland, les Vosges et les montagnes du Hartz, coïncide exactement avec le *système des Alleghanys,* qui a redressé aux États-Unis les couches carbonifères des États de Pensylvanie, Maryland, Virginie, Kentucky, Tennessee, etc.; l'autre, connu sous le nom de *système du Thüringerwald et du Morvan,* prolongé en Amérique, se trouve y coïncider en tout avec le *système de la pointe Keewenah et du cap Blomidon.*

« En m'appuyant sur les méthodes inventées et exposées par M. Élie de Beaumont dans son dernier ouvrage intitulé *Notice sur les systèmes de montagnes,* et en me servant de quelques excellentes observations faites par MM. Jackson et Hitchcock sur les directions des roches brisées et redressées de la Nouvelle-Angleterre, de la Nouvelle-

[1] *Comptes rendus,* t. XXXIX, p. 1192, séance du 26 décembre 1854.

Écosse et du lac Supérieur, je suis parvenu, dit M. Marcou, à reconnaître treize systèmes de chaînes de montagnes dans une partie de l'Amérique du Nord. En déduisant de ce nombre les deux systèmes que M. Élie de Beaumont a reconnus antérieurement pour la prolongation de deux de ses systèmes de l'Europe occidentale, il me reste onze systèmes de montagnes que je viens ajouter à ce que nous connaissions sur cette période de la géologie. Cependant, je le répète, cette classification n'est que provisoire, et je la donne sous toutes réserves, vu le petit nombre, la difficulté et l'insuffisance des observations. »

I. *Système des montagnes Laurentines*, dirigé E. 5° N.-O. 5° S. Ce système correspond à la discordance de stratification reconnue au Canada par sir William Logan entre les schistes cristallins anciens et le terrain silurien, et au système du lac Supérieur de MM. Forster et Whitney. Ce sont les dislocations les plus anciennes que M. J. Marcou ait observées dans l'Amérique du Nord. Elles sont antérieures au dépôt des couches les plus anciennes du terrain silurien inférieur.

II. *Système des Deux-Montagnes et de Montmorency*, dirigé E. 40° N.-O. 40° S. Ce système a été produit à la fin du dépôt des couches du terrain silurien inférieur.

III. *Système de Montréal*, dirigé E.-O. Ce système est postérieur au groupe des couches siluriennes de Trenton.

IV. *Système des monts Notre-Dame*, dirigé à Gaspé E. 20° N.-O. 20° S. Soupçonné par M. Rogers, indiqué par sir William Logan, il avait déjà été reconnu par MM. Forster et Whitney, qui l'ont nommé système de l'île Royale, et il paraît être le prolongement en Amérique du système du Morbihan.

V. *Système des montagnes Vertes* ou *système méridien de la Nouvelle-Angleterre*, dirigé N. 7° E.-S. 7° O. Ce système a été produit immédiatement après le dépôt du terrain silurien supérieur.

VI. *Système des monts Catskill*, dirigé E. 15° S.-O. 15° N. comme les systèmes n°s 3 et 6 de M. Hitchcock. Ce système a été produit

postérieurement à la période dévonienne et au dépôt de l'*old red sandstone*.

VII. *Système des Alleganhys et des monts Ozarks*, dirigé N. E.-S. O. Il est postérieur à la formation des anthracites et des houilles, et paraît être le prolongement en Amérique du système des Ballons.

VIII. *Système de la pointe Keewenah et du cap Blomidon*, dirigé E. 35° N.-O. 35° S. Il est postérieur au dépôt de la partie inférieure du trias de l'Amérique du Nord : c'est peut-être le prolongement en Amérique du système du Thüringerwald.

IX. *Système de la sierra de Mogoyon ou Blanca*, près des sources du Rio-Gila et du Rio-Brieta, dirigé N. 60° O.-S. 60° E. Il a été produit après le dépôt de la partie supérieure du trias de l'Amérique du Nord.

X. *Système des montagnes Rocheuses et de la sierra Madre*. Probablement postérieur aux terrains crétacés de la vallée du Mississipi.

XI. *Système du coast rouge de Californie*, dirigé à peu près N. N. O.-S. S. E.

XII. *Système de la sierra Nevada*, dirigé N.-S. Il a été produit longtemps après la période éocène, et cependant avant la période quaternaire.

XIII. *Système de la sierra de San-Francisco et du mont Taylor*. Il se compose de deux bandes volcaniques dirigées à peu près E.-O. et N.-S. Elles ont été produites à la fin de la période quaternaire, probablement en même temps et suivant les directions de dislocations préexistantes.

M. J. Durocher, déjà bien connu par les explorations géologiques qu'il avait faites dans le nord de l'Europe et dans plusieurs parties de la France, fut appelé, en 1855, à étudier le sol de l'État de Nicaragua, dans l'Amérique centrale. Son travail devait servir de base au projet du canal de navigation maritime qu'il était question alors d'établir entre les deux océans, Pacifique et Atlantique,

en prenant pour bief de partage la magnifique nappe d'eau intérieure du lac de Nicaragua.

Peu de temps après son retour, M. Durocher présenta à l'Académie des sciences un premier mémoire intitulé *Études sur l'orographie et la géologie de l'Amérique centrale* [1].

Dans ce résumé des résultats d'une étude qui avait duré plusieurs mois, M. Durocher trace en traits généraux, mais avec la précision et la lucidité qui lui étaient propres, le tableau de toute l'Amérique centrale, depuis le golfe de Tehuantepec jusqu'au golfe de Darien, et il termine en disant :

« Dans une autre communication, je ferai connaître les systèmes de montagnes qui ont marqué leur empreinte sur le sol de l'Amérique centrale. »

Cette seconde communication, qui ne se fit pas longtemps attendre, était intitulée *Recherches sur les systèmes des montagnes de l'Amérique centrale* [2].

M. Durocher y résout la structure orographique et géologique de l'Amérique centrale en quatre systèmes, savoir :

1° *Système longitudinal de l'Amérique centrale.* Ce système croise sous un angle de 55° à l'O. le 90e méridien de longitude occidentale, ou, en d'autres termes, il se dirige, sous cette longitude, de l'O. 35° N. à l'E. 35° S.

On en reconnaît l'empreinte dans la disposition de la côte occidentale, ainsi que dans l'orientation de la Cordillère centrale ou *sierra Madre.* Cette direction coïncide aussi avec celle de la zone formée de terrains volcaniques et avec celle des principales files de volcans dont elle est hérissée... D'ailleurs, les directions O. 25° à O. 40° N. s'observent très-fréquemment dans les roches anciennes de grauwacke et de schiste de l'Amérique centrale. Il est fort probable qu'il y a eu, à une époque géologique assez reculée, un système de dislocations dirigé O. 30° à O. 35° N., et que ce sys-

[1] *Comptes rendus*, t. L, p. 1170, séance du 25 juin 1860.

[2] *Comptes rendus*, t. LI, p. 43, séance du 9 juillet 1860.

tème s'est reproduit à une époque récente, et alors qu'a pris naissance la chaîne volcanique de l'Amérique centrale. Celle-ci s'est formée au pied d'une chaîne plus ancienne et suivant la même direction.

Le *système de l'Amérique centrale* est représenté exactement par un *grand cercle de comparaison* joignant les deux volcans les plus élevés du Mexique et de la Nouvelle-Grenade, savoir : le volcan d'Orizaba, haut de 5,400 mètres, et le volcan de Tolima, élevé de 5,520 mètres. Il est remarquable de voir que la ligne de jonction de ces deux cônes gigantesques, éloignés l'un de l'autre de près de sept cents lieues, coïncide avec l'axe de la chaîne volcanique centre-américaine, longue elle-même de plus de trois cents lieues. Prolongé vers le S.-E., ce grand cercle traverse l'intérieur du Brésil, parallèlement à la côte qui s'étend de l'île de la Trinité jusqu'au cap San-Roque ; ensuite il rase l'extrémité méridionale de l'Afrique, puis il coupe l'île de Sumatra près du mont Ophir, qui est de nature volcanique; il traverse l'île de Bornéo, parallèlement à sa côte N.-O.; au delà, il coupe l'île de Mindanao, passe au N. de l'archipel des Mariannes, parallèlement à la partie S.-E. de la grande île de Niphon; enfin il traverse le Mexique, suivant une direction parallèle à sa côte S.-O. Ce grand cercle de la sphère terrestre est remarquable par les régions volcaniques qu'il comprend et par la multiplicité des volcans qui sont alignés suivant sa direction.

2° *Système de Segovia.* Il y a un second système dont la trace est profondément marquée dans les régions porphyro-schisteuses et métallifères de l'Amérique centrale. Il a imprimé des directions comprises entre l'E. 15° et l'E. 30° N. à un grand nombre de chaînes de montagnes et de rivières qui aboutissent à la côte de la mer des Antilles, entre le cap Gracias-a-Dios et la baie d'Amatique, au fond du golfe de Honduras... On peut représenter ce système par un grand cercle joignant le volcan de Coseguina au cap Gracias-a-Dios, qui rencontre le 90e degré de longitude occidentale sous un angle de 63° à l'E. (direction E. 27° N.) En se prolongeant

vers le N.-E., il coupe l'île d'Haïti, passe par les Canaries, près d'Aden et du cap Guardafui... par l'archipel Pomotou.

3° *Système du Vénézuéla et des volcans du Mexique.* Dirigé E.-O. Il a produit plusieurs chaînes de montagnes et des vallées courant de l'E. à l'O. Il a imprimé cette orientation à la côte septentrionale du Honduras, depuis la baie d'Amatique jusqu'au cap Gracias-a-Dios. Les isthmes de Tehuantepec et de Panama, l'axe montagneux de la province de Veragua, la vallée de l'Orénoque, sont dirigés moyennement de l'E. à l'O. Ce système, dont on reconnaît l'empreinte dans l'orientation des montagnes de Vénézuéla, paraît avoir aussi contribué à la configuration des Grandes-Antilles, surtout des îles de Haïti et de Porto-Rico. C'est sans doute à lui qu'il faut rapporter la série des volcans du Mexique, laquelle s'étend d'un océan à l'autre, suivant la ligne E.-O.

4° *Système méridien de la Nouvelle-Grenade et de l'Amérique centrale.* Ce système est à peu près perpendiculaire au *système du Vénézuéla et des volcans du Mexique.* Il a imprimé la direction N.-S. à la côte des Indiens Mosquitos, depuis l'embouchure du Rio-San-Juan jusqu'au cap Gracias-a-Dios. La même direction s'observe dans la partie de la côte du Yucatan qui avoisine la colonie anglaise de Bélize. La côte du Pacifique et la rive occidentale du lac de Nicaragua offrent des parties orientées de la même manière, mais d'une étendue plus restreinte. On doit rattacher à ce système de dislocations beaucoup de vallées de l'Amérique centrale, et surtout du Honduras, qui courent du sud au nord, ainsi que les montagnes qui les séparent. Il en est de même du Rio-Atrato, du Rio-Cauca et du Rio-Magdalena, dans la Nouvelle-Grenade et des parties de la Cordillère qui encaissent ces rivières.

Aucun des quatre systèmes de l'Amérique centrale ne touche, dans sa prolongation, le sol de l'Europe. Les deux premiers remontent à des époques géologiques un peu anciennes; ils ont fortement affecté les terrains porphyro-schisteux du nouveau monde.

Le *système longitudinal de l'Amérique centrale* s'est reproduit à une époque géologiquement récente, lorsque s'est formée la chaîne volcanique centro-américaine.

Le *système des volcans du Mexique* me paraît être le plus moderne, dit M. Durocher, mais il n'est probablement que la reproduction de fractures parallèles à un système plus ancien, qui avait façonné les montagnes de Vénézuéla.

De même que dans l'Amérique septentrionale et dans l'Amérique centrale, la dissection et le classement des montagnes de l'Amérique méridionale ont été, de la part de savants distingués, l'objet de travaux très-importants.

La science a perdu, presque en même temps que M. Durocher, un voyageur plein d'ardeur et d'activité, M. Alcide d'Orbigny, qui avait consacré une partie de sa vie à l'exploration et à la description de la Bolivie et du bassin du Rio-de-la-Plata. Il avait inséré, dans le grand ouvrage qu'il avait publié sur ces vastes contrées, un essai de coordination de leurs montagnes en différents systèmes, qui a été analysé dans la *Notice sur les systèmes de montagnes,* après avoir été, de la part de M. Élie de Beaumont[1], l'objet d'un rapport à l'Académie.

Mais M. d'Orbigny avait pour émule dans ce travail M. Aimé Pissis, qui le continue encore avec un zèle et une constance dignes du succès complet qu'il paraît être sur le point d'obtenir.

M. A. Pissis, depuis près de trente ans, a passé la plus grande partie de sa vie dans les régions montagneuses de l'Amérique méridionale. Après un premier séjour au Brésil, il a présenté à l'Académie des sciences un mémoire sur la géologie d'une partie de ce vaste empire. Ce mémoire, qui, à la suite d'un savant rapport de M. Dufrénoy, a été imprimé, par ordre de l'Académie, dans son recueil des Savants étrangers, contient une classification des chaînes du Brésil en un certain nombre de systèmes qui ont été

[1] *Comptes rendus,* t. XVII, p. 379, séance du 28 août 1843.

enregistrés avec soin dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, par M. Élie de Beaumont, où sont analysées aussi d'autres publications importantes du même auteur.

Après avoir livré ces différents travaux à l'impression, M. A. Pissis est retourné en Amérique, et il a séjourné d'abord pendant quelques années en Bolivie, pour se fixer ensuite au Chili, où il a été nommé professeur de minéralogie et de géologie à l'université de Santiago. Le gouvernement du Chili l'a chargé en même temps de l'exécution d'une carte à la fois topographique et géologique de tout le territoire de la république, et lui a assuré les ressources et les aides nécessaires pour la conduite de cette vaste entreprise, comparable à ce qu'était en France, un siècle auparavant, celle de Cassini.

M. Pissis est resté chargé personnellement de la partie géodésique et de la partie géologique de l'opération. Il a envoyé presque annuellement à l'Académie des sciences des résumés de ses travaux, qui comprennent les mesures des hautes cimes de la Cordillère chilienne, et la décomposition des montagnes de cette vaste contrée en différents systèmes, qu'il a pu caractériser, quant à leur direction, autant du moins qu'ils en sont susceptibles, avec une précision géodésique.

D'après ses communications successives à l'Académie des sciences, et en tenant compte des modifications graduelles auxquelles il a été conduit par le développement de ses observations, M. Pissis reconnaît aujourd'hui, dans la partie australe de l'Amérique du sud, onze systèmes de montagnes.

1° Dans son mémoire sur le Brésil, M. Pissis avait signalé comme l'un des plus anciens de ces contrées le *système brésilien*, antérieur aux terrains de transition et dirigé de l'E. 38° N. à l'O. 38° S.

2° Il reconnaît aussi comme remontant à une date très-ancienne le redressement des couches de gneiss suivant la direction O. 25° à 30° N.-E. 25 à 30° S. dans les collines qui s'élèvent dans les pampas, entre le cap Corrientes et la sierra de Tapalquen ainsi

que dans les collines de Montévidéo, redressement qui constitue le *système pampéen* de M. d'Orbigny[1].

3° Enfin M. Pissis, en explorant les provinces méridionales du Chili, a reconnu que la ligne qui sépare dans ces contrées les terrains cristallisés (granite et schistes talqueux) des formations plus récentes n'est pas parallèle aux strates, qui sont généralement orientés du N.-E. au S.-O., mais qu'elle court à très-peu près du N. au S., ce qui semblerait indiquer l'existence d'un système stratigraphique très-ancien se rapportant peut-être au *système méridien le plus ancien du professeur Hitchcock*[2].

L'ordre chronologique des trois systèmes *brésilien, pampéen* et *méridien,* que leurs directions ne permettent pas de confondre, reste encore indéterminé.

4° *Système du Hundsrück.* M. Pissis croit avoir retrouvé au Chili comme au Brésil des accidents stratigraphiques appartenant au système du Hundsrück, dont la direction prolongée depuis l'Europe traverserait en effet le Brésil et le Chili.

« J'ai parcouru, dit-il, les provinces du sud pour y étudier les lignes stratigraphiques des terrains cristallisés, qui s'y trouvent plus développés que dans les autres parties du Chili. Ces terrains ont la plus grande analogie avec ceux du Brésil, et leur soulèvement paraît devoir se rapprocher de celui du Hundsrück, dont la direction au Chili est à peu près N.-E. — S.-O., comme celle des couches de granite et de schistes talqueux[3]. »

5° *Système de la Cordillère de Nahuelvuta.* Les explorations faites en 1862 par M. Pissis, dans les parties méridionales du Chili, lui ont fait découvrir un nouveau système stratigraphique correspondant à une chaîne granitique qui remplit une longue boutonnière ouverte au milieu des schistes et des grès anciens, et qui s'étend depuis l'Araucanie jusqu'au Rio-Rapel. Les couches de schiste ar-

[1] *Notice sur les systèmes de montagnes,* p. 731-732.

[2] Exploration de quelques parties du Chili, *Comptes rendus,* t. XLV, p. 971, séance du 7 décembre 1857.

[3] *Ibid.*

doisier, de grès et de psammite, sont relevées parallèlement à l'axe de cette chaîne et en suivent toutes les ondulations. L'orientation moyenne est N. 26° 20′ 12″ E.[1]. M. Pissis a reconnu subséquemment que cette masse granitique se prolonge au sud du Rio-Bio, où elle forme l'axe de la chaîne maritime connue sous le nom de *Cordillère de Nahuelvuta*, et que, dans cette partie, sa direction ne diffère que de quelques minutes de celle qu'il avait déterminée en premier lieu.

Les dernières couches relevées parallèlement à cette direction sont des psammites qui alternent avec le schiste ardoisier, et dans lesquels M. Pissis a trouvé quelques empreintes de fucus et de fougères, ce qui le porterait à admettre qu'ils ne sont pas plus anciens que le terrain dévonien. Bien que M. Pissis n'ait pu découvrir aucun fossile caractéristique dans les grès et dans les schistes maclifères qui sont en contact avec le granite, la comparaison de ces roches avec celles du terrain dévonien de la Bolivie, leur situation au-dessous non-seulement du grès rouge, mais encore d'une petite formation carbonifère qui lui est inférieure, font croire à M. Pissis qu'ils appartiennent à la même époque dévonienne. Ce soulèvement viendrait ainsi se placer entre ceux du Hundsrück et de l'Itacolumi, le premier correspondant aux schistes satinés du Chili, et le second aux couches carbonifères du sud du Brésil[2].

6° *Système de l'Itacolumi.* M. Pissis, dans son mémoire sur le Brésil, a signalé, dans le grand massif de l'Itacolumi, un système de dislocations dirigé à peu près de l'E. à l'O., qu'il regarde comme immédiatement postérieur à la formation du calcaire carbonifère et que M. d'Orbigny a adopté sous le nom de système itacolumien[3]. M. Pissis n'a pas encore signalé au Chili l'existence de ce système qu'il regarde comme postérieur au calcaire

[1] *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LVIII, p. 125, séance du 11 janvier 1864.

[2] *Comptes rendus*, t. LIX, p. 1081. séance du 26 décembre 1864.

[3] *Notice sur les syst. de mont.* p. 733.

carbonifère et antérieur à la formation du grès rouge d'Amérique.

7° *Système de la Cordillère occidentale du Chili.* Ce système est postérieur au grès rouge et antérieur aux masses salifères. Il est dirigé à peu près N. 8° 30′ O. et contient des roches syénitiques accompagnées de pyrites aurifères.

8° *Système de la chaîne orientale des Andes.* Ce système correspond au *système bolivien* de M. d'Orbigny, et comprend le grand massif granitique qui s'élève au nord-est du lac de Titicaca, couronné par les pics devenus célèbres, depuis les mesures de M. Peutland, sous les noms de Nevado de Illimani et de Nevado de Sorata. Sa direction est à peu près du N.-O. au S.-E. Sa formation est contemporaine de l'éruption des porphyres quartzifères qui a eu lieu en Amérique pendant la période jurassique.

Les failles qui se rapportent à la direction du *système des Andes orientales*, et dont M. Pissis n'avait indiqué en premier lieu l'existence que dans la province d'Atacama, continuent à se montrer, plus au sud, dans celle de Coquimbo, où leur limite paraît être la vallée de Choapa[1]; et l'auteur, en continuant ses travaux, a pu constater dans cette province, jusque près du 31e parallèle, l'existence de plusieurs chaînes parallèles au *système des Andes orientales*, qui croiseraient les Andes du Chili, à peu de distance de la montagne d'Aconcagua. Le terrain du lias se trouve relevé suivant cette direction, sur plusieurs points de la contrée, et ses couches sont coupées par des porphyres quartzifères entièrement semblables à ceux de l'Illimani, d'Oruro et de Potosi; ainsi la similitude existe non-seulement dans la direction des strates, mais encore dans la nature des roches qui se sont épanchées à cette époque[2].

9° *Système des chaînes transversales du Chili.* Ce système est caractérisé par l'éruption des roches labradoriques accompagnées de

[1] *Comptes rendus*, t. LII, p. 1147, séance du 3 juin 1861.

[2] *Comptes rendus*, t. LI, p. 603, séance du 15 octobre 1860.

gîtes cuprifères. Sa direction est à peu près de l'E. à l'O. (E. 6° à 10° N.)[1]. M. Pissis est resté longtemps incertain sur la date précise de l'apparition de ce système, mais, en 1864, il a rencontré dans la partie inférieure du terrain à lignites de la province de Concepcion une grande quantité de *baculites*. Ces fossiles se trouvent disséminés dans une couche de grès très-friable qui forme la base du terrain à lignites. La stratification du grès ne diffère en rien de celle des couches tertiaires qui le recouvrent, de telle manière qu'il faut nécessairement admettre que le tout a été soulevé en même temps. Si, d'une autre part, on considère les baculites comme appartenant aux parties supérieures des terrains crétacés, il en résulterait que le soulèvement des chaînes transversales du Chili, que M. Pissis n'avait pu fixer qu'entre des limites assez éloignées, correspondrait au milieu de la période crétacée, puisque les couches fossilifères des provinces d'Aconcagua et de Coquimbo, caractérisées par les fossiles du terrain néocomien, sont relevées suivant cette direction, dont on ne trouve aucune trace dans les assises à baculites et à lignites[2].

Ce système, observé surtout à l'O. de la crête des Andes, ne paraît pas s'y arrêter. Le tremblement de terre qui a détruit la ville de Mendoza (à l'est des Andes), le 20 mars 1861, à 8 heures 45 minutes du soir, s'est fait sentir à Santiago (à l'ouest des Andes) à 8 heures 48 minutes. D'après tous les renseignements que M. Pissis a pu recueillir, le mouvement paraît s'être propagé dans la direction de l'E.-N.-E. à l'O.-S.-O., c'est-à-dire à peu près parallèlement à la direction des chaînes transversales du Chili. Un fait semblable s'était déjà manifesté dans la direction du tremblement de terre qui, vers la fin de l'année 1859, détruisit une partie de la ville de Copiapo. Enfin les crevasses qui se sont ouvertes en 1861 dans le sol à Mendoza, et dont quelques-unes ont plus d'une lieue de longueur, suivent encore la même direc-

[1] *Comptes rendus*, t. XLII, p. 392, séance du 25 février 1856.

[2] *Comptes rendus*, t. LX, p. 1095, séance du 22 mai 1865.

tion[1]. Ce fait remarquable a confirmé M. Pissis dans le projet de consacrer quelque temps à l'exploration des chaînes qui, partant de la base orientale des Andes, s'étendent vers les pampas de la République Argentine et qu'il croit n'être que la continuation des chaînes transversales du Chili, ce qui lui permettrait d'en fixer la direction d'une manière beaucoup plus exacte. Les mines de cuivre exploitées dans les environs de San-Luiz de la Punta et dans la province de San-Juan lui donnent lieu de penser qu'il y rencontrera les roches de labradorite signalées comme étant en rapport avec le système des failles qui, au Chili, accompagnent toujours les minerais de cuivre[2].

10° *Système de la chaîne principale des Andes du Chili.* Ce système est caractérisé par le soulèvement des trachytes accompagnés de filons argentifères. Sa direction est presque méridienne (N. 8° 30′ E.). Il est postérieur aux dépôts tertiaires lacustres et marins de la Bolivie, du Chili et de la Patagonie[3]. On peut surtout en prendre une idée exacte dans la partie des Cordillères du Chili comprise entre les sources des rivières de Copiapo et de Choapa.

La structure géologique de cette partie des Andes est beaucoup moins compliquée que celle qui correspond aux provinces du sud[4]. Un axe syénitique s'étend dans tout cet intervalle parallèlement à la ligne de faîte, et est placé un peu plus à l'ouest. De part et d'autre de cet axe se présentent d'abord les roches trachytiques, puis les terrains stratifiés embrassant toute la série, depuis le gneiss jusqu'au lias. Ce dernier terrain, qui ne se montre guère qu'à l'E. de l'axe syénitique, forme seulement des lambeaux de peu d'étendue, situés sur les sommets les plus élevés; c'est le seul qui renferme des restes organiques. M. Pissis a pu s'assurer que les failles qui ont donné passage aux roches syénitiques et celles par où se sont

[1] *Comptes rendus*, t. LII, p. 1048, séance du 3 juin 1861.

[2] *Comptes rendus*, t. XLIII, p. 686, séance du 6 octobre 1856.

[3] *Comptes rendus*, t. XLII, p. 392, séance du 25 février 1856.

[4] *Comptes rendus*, t. LII, p. 1147, séance du 3 juin 1861.

épanchés les trachytes sont exactement parallèles : ainsi il y a une récurrence dans les directions correspondant au soulèvement de la Cordillère occidentale du Chili et à celui de la chaîne principale des Andes. J'ai pu reconnaître, dit-il, sur une étendue de près de 8°, l'une de ces failles qui s'étend, sans interruption, depuis le volcan de Tuiguiririca jusqu'au désert d'Atacama, et partout les trachytes accompagnent les syénites.

« On aperçoit, ajoute M. Pissis dans ses *Recherches sur les produits de la vulcanicité correspondant aux différentes époques géologiques*[1], une suite non interrompue de phénomènes volcaniques commençant en même temps que les grandes dislocations de l'écorce terrestre, qui ont produit la chaîne principale des Andes, et se continuant jusqu'à l'époque actuelle. L'injection des matières fluides qui ont formé les masses trachytiques commence cette série, et la puissante formation des conglomérats qui les recouvrent montre qu'avant d'atteindre la surface du sol elles ont dû éprouver de puissants mouvements d'oscillation qui ont broyé les roches situées sur leur passage..... Des fluides élastiques s'échappaient avec violence, projetant au loin tout ce qui leur opposait quelque résistance, et couvrant le sol de débris qui forment aujourd'hui les conglomérats ponceux..... Il arrivait un moment où la température n'était plus suffisante pour porter l'eau à l'état de vapeur, et ces évents se changeaient alors en sources thermales dont les dépôts successifs finissaient par obstruer entièrement les issues, laissant ainsi un filon métallifère comme dernier résultat de l'action successive de toutes les forces mises en jeu.

11° *Système chilien.* C'est le plus moderne de tous les systèmes du Chili. Il est postérieur, dit M. Pissis, aux sables marins et au terrain de transport[2] qui couvre les plaines, et il correspond à l'ouverture des bouches volcaniques des Andes. Le soulèvement graduel des côtes du Chili, qui a si fort attiré de nos jours l'at-

[1] *Comptes rendus*, t. LIV, p. 192, séance du 27 janvier 1862.

[2] *Comptes rendus*, t. XLII, p. 392, séance du 25 février 1856.

tention des géologues, a commencé après l'ouverture de ces volcans [1].

La direction du système chilien est la même que celle de la chaîne principale des Andes, et par conséquent la même que celle du *système de la Cordillère occidentale du Chili*, caractérisé par les syénites, et du *système méridien le plus ancien* du professeur Hitchcock, retrouvé au Chili par M. Pissis. On rencontre là un des exemples les plus remarquables qu'on puisse citer du phénomène de la *récurrence des directions*. Les volcans actuellement en ignition au Chili ont tous apparu dans la zone occupée par la chaîne principale des Andes, en s'alignant entre eux, par petits groupes de deux ou de trois volcans, suivant les directions d'autres systèmes plus anciens, tels que le *système de la Cordillère de Nahuelvuta*.

Dans la suite de ses *Recherches sur les produits de la vulcanicité correspondant aux différentes époques géologiques* [2], M. Pissis dit que dans le sud du Chili, à partir du 31e degré de latitude, la chaîne des Andes change d'aspect; elle ne présente plus ces longues crêtes dirigées parallèlement à l'axe qui la caractérisent plus au nord, mais une suite de massifs isolés dont les points culminants sont formés par des cônes volcaniques. De vastes plateaux, formés par la superposition de plusieurs nappes de roches trachytiques, occupent l'intervalle qui sépare ces massifs, et leur surface s'élève graduellement jusqu'à la base des cônes éruptifs. Ces plateaux sont découpés par de profondes vallées, dans le fond desquelles il existe souvent des courants de laves, qui doivent être très-anciens, si l'on en juge par les épaisses forêts qui les recouvrent.

Le sol de cette partie de l'Amérique a donc éprouvé de grandes dislocations à une époque postérieure au soulèvement de la chaîne principale des Andes, et qui paraît correspondre à la formation des premiers cônes volcaniques. Le résultat de ce soulèvement a été une suite d'*étoilements* situés sur de longues lignes parallèles à

[1] *Comptes rendus*, t. LVIII, p. 124, séance du 25 février 1864.

[2] *Comptes rendus*, t. LIV, p. 1185, séance du 9 juin 1862.

l'axe des Andes, et dont le centre est occupé soit par des cônes volcaniques, tels que le Descabezado, le Lungavi, etc., soit par de vastes cratères de soulèvement, comme celui de la lagune de Maule, qui n'a pas moins de cinq lieues de diamètre. Ces derniers cratères n'ont point produit de laves, mais ils ont projeté une immense quantité de ponces qui forment souvent à elles seules d'assez hautes montagnes. Les vallées qui partent de ces centres présentent trois directions différentes : les unes sont parallèles à l'axe de la chaîne principale des Andes, d'autres au système des chaînes transversales du Chili, mais les plus nombreuses et les plus étendues courent, à très-peu près, de l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E. J'attends seulement, dit M. Pissis, d'avoir calculé les positions des points où elles convergent, pour fixer plus exactement leur direction et rechercher à quel système elles se rapportent. »

M. Pissis a donc été conduit, comme M. Durocher et M. Marcou, à admettre que les volcans des Andes ont apparu à l'époque de la dernière catastrophe géologique, en s'alignant entre eux suivant les directions de systèmes antérieurs, ce qui viendrait à l'appui des idées que M. Élie de Beaumont avait émises de son côté à ce sujet[1].

Les grands cercles de comparaison provisoires, donnés par l'observation, pour les *systèmes de l'axe volcanique de la Méditerranée*, *du Ténare* et *de la grande traînée volcanique des Andes et du Japon* (dont les volcans du Chili ne sont qu'un appendice), constituent, à très-peu près, un système trirectangulaire. De légères modifications ont suffi pour les amener exactement à cette condition de perpendicularité réciproque qui établit entre eux une connexion toute particulière. D'après les idées auxquelles s'était arrêté l'auteur de la *Notice sur les systèmes de montagnes*[2], les volcans situés dans le voisinage de ces trois grands cercles remonteraient à une même date. Leur apparition simultanée aurait été un événement considérable dans l'histoire du globe : ç'aurait été l'avénement de la vol-

[1] *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 761 et suiv. — [2] *Ibid.* p. 1110.

canicité dans sa forme actuelle. La question posée depuis longtemps par M. Élie de Beaumont, de savoir si cet événement n'appartiendrait pas déjà à l'histoire de l'homme, recevra peut-être quelque éclaircissement des débats animés qui se sont élevés récemment parmi les géologues au sujet du gisement des plus anciens restes de l'industrie humaine. Déjà les observations faites par M. d'Orbigny dans les plaines de Moxos, sur les bords du Rio-Securi, fournissent à ce sujet une première et précieuse indication [1].

REMARQUES GÉNÉRALES SUR LES SYSTÈMES DE MONTAGNES.

En résumé, les travaux qui viennent d'être passés très-rapidement en revue ont eu pour résultat, d'abord, de constater ou de mieux préciser, dans un grand nombre de pays, l'existence de systèmes de montagnes déjà admis, et de faire mieux connaître quelques-uns d'entre eux, comme par exemple le *système du Vercors*, dont l'âge relatif, encore indéterminé, a été fixé en Algérie par M. Pomel.

Ces travaux ont fait connaître, en outre, un grand nombre de systèmes de montagnes nouveaux, qui, abstraction faite de ceux qui avaient déjà été indiqués, soit sous les mêmes noms, soit sous des noms différents, peuvent difficilement être réduits à moins de trente-deux, savoir :

1. Système du mont Serrat.
2. ——— du mont Seny.
3. ——— du mont Ventoux.
4. ——— de la vallée du Doubs.
5. ——— de la Margeride.
6. ——— des Vosges.
7. ——— de failles dans la Haute-Marne (Hécla).
8. ——— de l'Érymanthe et du Mermoucha.

[1] *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 762, et *Comptes rendus*, t. XVII, p. 414, séance du 28 août 1843, *Rapport* sur un mémoire de M. d'Orbigny.

9. Système du Nador.
10. ——— central de Madagascar.
11. ——— des granites et porphyres de Madagascar.
12. ——— des diorites de Madagascar.
13. ——— de l'axe basaltique de la côte nord-ouest de Madagascar.
14. ——— de l'axe basaltique de la côte nord-est de Madagascar.
15. ——— des montagnes Laurentines.
16. ——— des Deux-Montagnes et de Montmorency.
17. ——— de Montréal.
18. ——— des monts Catskill.
19. ——— de la sierra de Mongoyon.
20. ——— des montagnes Rocheuses.
21. ——— du coast rouge de Californie.
22. ——— de la sierra Nevada.
23. ——— de la sierra de San-Francisco et du mont Taylor.
24. ——— de l'Amérique centrale.
25. ——— de Segovia.
26. ——— de Vénézuéla.
27. ——— méridien de l'Amérique centrale.
28. ——— du Hundsrück, peut-être différent du système d'Europe.
29. ——— de la Cordillère de Nahuelvuta.
30. ——— de la Cordillère occidentale du Chili.
31. ——— des chaînes transversales du Chili.
32. ——— de la chaîne principale des Andes du Chili.

Dans ce catalogue ne sont pas comprises plusieurs indications qui ne paraissent pas avoir encore une précision suffisante, et peut-être même pourrait-on discuter l'admission définitive de quelques-uns des trente-deux systèmes qui viennent d'être énumérés; mais il est probable que vingt-cinq au moins de ces systèmes prendront rang dans les listes définitives.

En présentant à l'Académie sa *Notice sur les systèmes de montagnes*[1], M. Élie de Beaumont annonçait, en 1852, qu'en réunissant à ses recherches personnelles sur les différents systèmes de montagnes qui traversent l'Europe une indication abrégée des travaux

[1] *Comptes rendus*, t. XXXV, p. 298, séance du 30 août 1852.

faits sur le même sujet, soit en Europe, soit dans d'autres parties du monde, par différents géologues, il avait enregistré les noms de *quatre-vingt-quinze systèmes de montagnes,* et qu'il aurait même pu y en joindre quelques autres. Ces désignations sont dues à *vingt* auteurs différents. Elles n'indiquent pas, disait-il encore, quatre-vingt-quinze systèmes essentiellement distincts, parce que, dans la liste nominale que j'ai formée, il y a évidemment des doubles et même des triples emplois; mais j'estime que, toute réduction faite, le nombre des *systèmes de montagnes* réellement distincts qui ont été étudiés jusqu'à présent n'est pas inférieur à une soixantaine. Dans le premier mémoire, ajoutait-il, que j'ai eu l'honneur de soumettre à l'Académie sur ces matières, le 22 juin 1829, je n'avais étudié en Europe que *quatre systèmes de montagnes.* Peu après, j'ai pu en indiquer neuf, puis douze, puis vingt et un. En admettant qu'on puisse en compter déjà, en tout, une soixantaine, il y a lieu de penser que, si l'étude ne se ralentit pas sur ce point, le nombre des *systèmes de montagnes* s'élèvera, avant peu d'années, à plus de cent.

En ajoutant vingt-cinq à soixante, on trouverait que le nombre des systèmes de montagnes passablement définis s'élève actuellement à quatre-vingt-cinq, nombre qui déjà se rapproche beaucoup de *cent.* Mais il est probable que le nombre cent sera considérablement dépassé, car les parties de la surface du globe où on a étudié le partage des montagnes en systèmes ne forment pas la moitié des surfaces terrestres émergées, et en étudiant la seconde moitié de ces surfaces, lorsque la possibilité de les parcourir existera, on ne se bornera certainement pas à y reconnaître la prolongation des systèmes de montagnes déjà connus, et on en découvrira de nouveaux. On en trouvera même de nouveaux dans des contrées déjà étudiées, mais dont l'étude sous ce rapport est peut-être moins avancée, pour le moment, que ne l'était celle de l'Europe occidentale lorsque M. Élie de Beaumont, en 1829, n'y signalait encore que quatre systèmes de montagnes.

En France même, plusieurs systèmes stratigraphiques, men-

tionnés plus haut comme indiqués par différents auteurs en termes encore un peu généraux, seront sans doute formulés avec plus de précision et prendront place dans la liste des systèmes définitivement admis; notamment, suivant toute apparence, plusieurs des systèmes signalés par M. de Villeneuve, dans sa *Description minéralogique et géologique du Var*.

Cette multiplication, disait l'auteur de la *Notice*, n'est pas indifférente, car elle tend naturellement à prouver que le groupement des montagnes en systèmes se présente à l'observation, d'une manière également facile, dans toutes les parties de la surface du globe. La comparaison des différents systèmes entre eux tend à préciser davantage les lois auxquelles ils sont assujettis. Ainsi, à mesure que le nombre des systèmes de montagnes augmente, on voit augmenter aussi le nombre des exemples de la *récurrence des directions*[1], c'est-à-dire des systèmes d'âges différents ayant néanmoins des orientations semblables. Ces exemples de récurrence demeurent cependant des cas exceptionnels, comparables, sous quelques rapports, aux cas d'*isomorphisme* des minéraux de composition différente.

En voyant se multiplier ainsi les *systèmes de montagnes*, plusieurs personnes ont pensé que, par cette multiplication même, la notion du soulèvement des montagnes et des révolutions du globe semblait en quelque sorte s'égrener, et perdait ainsi de sa grandeur.

Elle ne perd cependant que le vague dont elle était d'abord entourée. Le système des Pyrénées, celui des Alpes occidentales, celui des Alpes principales et de l'Himalaya, restent ce qu'ils étaient de prime abord. Ils ne perdent rien de leur grandeur propre pour avoir été précédés ou accompagnés d'autres systèmes analogues, tels que ceux du mont Seny, du Tatra, du mont Viso, de Madagascar, des montagnes Rocheuses, des Andes du Chili, etc. etc. Mais la similitude de structure de tous ces systèmes précise de

[1] *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 478, 499, 595 et autres. (Voir la table de l'ouvrage.)

plus en plus nettement la notion du *système de montagnes*, à mesure que les exemples s'en multiplient, et en fait de plus en plus l'unité fondamentale de l'analyse stratigraphique de l'écorce terrestre. Le phénomène de la production d'un système de montagnes, quand on le voit répété près de cent fois, perd de plus en plus le caractère d'un accident fortuit et amène de plus en plus à l'idée d'une cause constante et régulière, dont l'action est d'une nature intermittente.

Mais la multiplication des systèmes de montagnes a conduit d'une manière plus positive encore à l'unification de leur ensemble, car elle a permis de reconnaître que *leurs directions sont corrélatives les unes aux autres;* d'où il résulte qu'ils forment un tout dont les différentes parties, produites successivement, sont cependant connexes entre elles.

DEUXIÈME PARTIE

CORRÉLATION DES DIRECTIONS DES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE MONTAGNES.

RÉSEAU PENTAGONAL.

De l'étude attentive des *grands cercles de comparaison provisoires* des différents systèmes de montagnes de l'Europe s'est dégagé peu à peu un *principe de régularité* qui, du moment où il existe, ne peut manquer de dominer complétement la matière; et la recherche des lois qui président à leur coordination a été depuis quinze ans l'objet d'une série de travaux dont le présent Rapport doit donner une idée.

La découverte du principe dont il s'agit a consisté à mettre en évidence, par de simples rapprochements numériques, les bases d'un dessin régulier qui existe sur la surface du globe, mais qui ne pouvait être aperçu à cause de la grandeur des traits qui le composent et du défaut de précision des représentations du globe terrestre.

Ce principe a pris la forme d'une sorte de *lemme géométrique* qui s'est formulé par l'étude des positions respectives des *grands cercles de comparaison provisoires* des différents systèmes de montagnes, et qui paraît appelé à donner plus de précision et de solidité à leur étude.

La constatation d'une loi de coordination parmi les grands cercles que l'auteur avait adoptés provisoirement, pour représenter les vingt et un systèmes de montagnes qu'il admettait alors dans l'Europe occidentale, leur donnait une sorte de consécration qui

s'étendait aux systèmes de montagnes eux-mêmes et aux considérations fondamentales qui avaient guidé dans leur étude; car il est évident qu'aucune corrélation n'aurait pu exister entre des cercles choisis au hasard, d'après des considérations imaginaires, et qui n'auraient pas été la représentation de phénomènes réels. L'auteur n'avait jamais songé à soumettre les cercles qu'il déterminait à une pareille coordination; la nature seule pouvait l'avoir produite, et elle exprimait une des conditions de son action.

La loi de cette coordination est très-simple dans son essence, quoique, dans son développement, elle conduise à une complexité assez grande pour s'harmoniser avec la complication, extrême en apparence, des formes orographiques et stratigraphiques. Elle a pour base la division de la surface de la sphère en vingt triangles équilatéraux dont les angles sont de 72° et les côtés de 63° 26′ 5″,84. Ces vingt triangles équilatéraux embrassent la surface entière de la sphère. Ils y sont disposés avec un genre de symétrie tout particulier, auquel s'associent, d'une manière plus ou moins absolue, un grand nombre d'autres cercles liés aux grands cercles primitifs dont font partie les côtés des triangles, par des conditions particulières, susceptibles d'être élargies et généralisées, de manière à produire un réseau aussi serré que les questions à résoudre puissent l'exiger.

CONSTITUTION DU RÉSEAU PENTAGONAL.

La constitution de ce réseau, dont le nom sera justifié plus loin, se rattache à des considérations fort analogues à celles dont s'occupe la cristallographie. Elles en ont la rigueur, mais aussi l'aridité. Les pages suivantes, qui sont nécessaires pour l'enchaînement et l'ordre logique des idées, devront malheureusement s'en ressentir. Les personnes qui les passeraient éprouveraient l'inconvénient d'avoir laissé derrière elles un nuage qui obscurcirait, pour elles, la suite du Rapport, sans la leur rendre cependant complétement inintelligible.

La division en triangles de la surface de la sphère à laquelle

on est le plus accoutumé n'est pas la division en vingt triangles équilatéraux, mais la division en huit triangles seulement, équilatéraux eux-mêmes et trirectangles, produits par trois plans rectangulaires qui se croisent au centre. Il y a aussi un mode de division en quatre grands triangles à angles de 120°; mais celui-ci n'est qu'une dérivation du précédent, et il n'y a pas à s'en occuper ici spécialement.

Des cercles, dont les positions se déduisent de celles des trois grands cercles primitifs qui forment le système des huit triangles trirectangles, constituent aussi un réseau empreint dans toutes ses parties du genre de symétrie qui lui est propre et aussi serré qu'on le désire. Cela fait deux réseaux empreints de deux genres de symétrie différents et même incompatibles entre eux, et il n'y en a pas d'autre que ces deux-là.

En effet, les huit triangles trirectangles du second mode de division s'assemblent quatre à quatre autour de six points différents, par leurs angles de 90°, qui donnent les 360° nécessaires pour occuper tout l'espace angulaire autour du point de réunion.

Les vingt triangles équilatéraux du premier mode de division s'assemblent cinq à cinq autour de douze points différents, par leurs angles de 72°, et, comme 5 fois 72 font 360, ils remplissent aussi tout l'espace angulaire autour du point de réunion.

Mais on ne peut aller plus loin; on ne peut assembler autour d'un point six triangles sphériques équilatéraux, parce que, le triangle sphérique équilatéral ayant toujours un excès sphérique, son angle est nécessairement supérieur à 60°, ce qui fait qu'*on n'en peut jamais faire tenir six autour d'un point.* Les choses se passent autrement sur un plan, où l'angle du triangle équilatéral est exactement de 60°, ce qui permet à six de ces angles de s'assembler autour d'un point. On ne peut donc sur la sphère assembler autour d'un point plus de cinq triangles équilatéraux : il s'ensuit que le triangle équilatéral à angles de 72° est le plus petit de ceux dont la réunion peut embrasser la sphère, et il en résulte qu'au point de vue de la

mécanique terrestre il jouit de certaines propriétés qui sans doute ont joué un rôle important dans l'histoire de la terre.

Mais ce ne sont pas ces propriétés qui ont attiré sur la division de la sphère en vingt triangles équilatéraux l'attention de l'auteur de la *Notice sur les systèmes de montagnes;* il a été conduit à s'en occuper par une voie beaucoup plus directe, par l'analyse pure et simple des résultats de l'observation.

L'ouvrage expose en détail comment M. Élie de Beaumont, après avoir calculé, pour en composer un tableau, les deux cent dix angles que formaient entre eux les grands cercles de comparaison provisoires des vingt et un systèmes de montagnes de l'Europe occidentale, trouva que ces angles étaient loin de se répartir uniformément dans les 90° du quart de la circonférence. Par une sorte de *caprice apparent,* ils se groupaient autour de certains points du quadrant, laissant presque vides les espaces intermédiaires. En voyant ce groupement, que le hasard seul ne pouvait expliquer, l'auteur comprit immédiatement qu'il avait sous les yeux l'indice d'une loi de corrélation entre les positions des grands cercles de comparaison des différents systèmes de montagnes, et il s'occupa des moyens de déduire cette loi des chiffres donnés par le calcul des observations.

Il pensa que, si les grands cercles de comparaison des différents systèmes de montagnes n'étaient pas placés au hasard sur la surface de la sphère, cela devait tenir à ce qu'ils faisaient partie d'un réseau assujetti à un certain principe de symétrie.

Il crut d'abord que ce principe de symétrie pourrait n'être autre chose que celui qui existe dans le réseau ayant pour base huit triangles trirectangles, et composé de trois grands cercles perpendiculaires entre eux et d'une série d'autres grands cercles coordonnés aux premiers. Mais, ayant calculé un grand nombre d'angles du réseau ainsi formé, il remarqua que les points du quadrant dont ils se rapprochaient de préférence n'avaient pas de rapport avec ceux qui semblaient attirer les angles déduits de l'observation. Il dut en conséquence renoncer à cette première tentative.

Ce fut alors qu'il se demanda s'il n'existerait pas sur la sphère un autre réseau régulier, et si des triangles équilatéraux qui s'assembleraient, non plus quatre à quatre, mais cinq à cinq autour d'un point ne pourraient pas en fournir la base. Il fut ainsi conduit à s'occuper des vingt triangles équilatéraux qui embrassent la sphère et du réseau auquel ils servent de base.

Avec les *grands cercles primitifs* dont font partie les côtés des vingt triangles équilatéraux, il en considéra un certain nombre d'autres liés aux premiers par les relations les plus simples, et il calcula les angles que tous ces grands cercles forment entre eux dans leurs intersections mutuelles. Il ne tarda pas à reconnaître que ces angles ne sont pas distribués indifféremment dans tous les points du quadrant, mais qu'ils ont une propension marquée à se grouper autour de certains points, et que ces points coïncident à peu près avec ceux dont tendent à se rapprocher les deux cent dix angles déduits des observations. Les différences pouvaient être attribuées aux petites erreurs inévitables dans la détermination des *grands cercles de comparaison provisoires* des différents systèmes de montagnes, et au choix incomplet des cercles adaptés aux *grands cercles primitifs* dont les côtés des vingt triangles équilatéraux font partie.

Dès lors, le secret du caprice apparent qui rapprochait de certains points du quadrant les angles formés par les *grands cercles de comparaison provisoires* pouvait être considéré comme dévoilé et comme n'étant autre chose que l'existence, dans l'agencement réciproque de ces grands cercles, de la loi de symétrie qui existe dans l'ordonnance des vingt triangles équilatéraux. L'auteur fut ainsi conduit à penser que cette loi de symétrie méritait d'être étudiée et analysée en vue de l'application qu'on pourrait probablement en faire à la stratigraphie, et que le temps qu'il pourrait y consacrer ne serait pas perdu pour la science.

Mais le système des vingt triangles équilatéraux qui embrassent la sphère n'était pas généralement connu. Peut-être n'en avait-on

jamais fait aucune application. Il se trouvait dans des conditions bien différentes du système des huit triangles trirectangles qui embrassent aussi la sphère entière : ce dernier sert de base au système cristallin régulier, et même, avec de certaines modifications, à la cristallographie tout entière; les cristallographes en ont fait une étude aussi détaillée qu'approfondie; il s'agissait d'étudier sur un plan analogue le système des vingt triangles équilatéraux.

L'auteur a consigné cette étude dans sa *Notice sur les systèmes de montagnes*, et dans quelques autres écrits qui seront mentionnés ultérieurement. Le présent Rapport ne comporte naturellement qu'une analyse générale et sommaire de ces travaux, faite en vue de leurs résultats.

Les *grands cercles primitifs* auxquels appartiennent les côtés des vingt triangles équilatéraux sont au nombre de quinze. Chacun d'eux fournit deux côtés de triangles placés en opposition l'un par rapport à l'autre; et, comme chaque côté appartient à deux triangles contigus et doit être compté deux fois, cela donne les soixante côtés des vingt triangles. Les soixante angles de ces mêmes triangles se réunissent cinq à cinq en douze points, dont chacun est l'antipode d'un point semblable.

En chacun de ces points de réunion d'un nombre impair d'angles égaux, chaque côté se trouve opposé à un angle que sa prolongation divise en deux parties égales, en formant l'apothème du triangle auquel cet angle appartient, et ensuite l'apothème d'un autre triangle contigu au premier; chacun des quinze cercles primitifs qui contient deux côtés de triangle contient aussi quatre apothèmes, ce qui donne les soixante apothèmes des vingt triangles équilatéraux. Les trois apothèmes de chacun des vingt triangles se croisent à son centre sous des angles de 60°, et le divisent en six triangles rectangles scalènes égaux et symétriques deux à deux, dont les angles sont de 90°, de 60° et de 36°. La sphère entière est partagée en cent vingt de ces triangles rectangles scalènes.

Chacun des huit triangles trirectangles qui embrassent aussi la

sphère entière peut également être partagé en six triangles rectangles scalènes égaux, et symétriques deux à deux. Chacun de ces triangles a des angles de 90°, de 60° et de 45°, et leur nombre total est de quarante-huit au lieu de cent vingt. Ils sont deux fois et demie moins nombreux et deux fois et demie plus grands que dans le système des vingt triangles équilatéraux.

Ces quarante-huit triangles peuvent, sans changer de place, être groupés par la pensée en huit triangles équilatéraux, qui sont trirectangles, en six quadrilatères à angles de 120° et en douze losanges.

Les cent vingt triangles scalènes du système des vingt triangles équilatéraux peuvent de même, sans déplacement, être groupés en vingt triangles équilatéraux, en douze pentagones sphériques réguliers à angles de 120°, et en trente losanges.

On voit que les deux systèmes se ressemblent en beaucoup de points; mais ils présentent cette différence essentielle et caractéristique, que le quadrilatère de l'un est remplacé par le pentagone de l'autre; cette circonstance a donné à l'auteur l'idée de désigner l'un par le nom de *réseau quadrilatéral* et l'autre par celui *de réseau pentagonal.*

Le réseau pentagonal, composé en principe de vingt triangles équilatéraux et de cent vingt triangles rectangles scalènes, est une figure assez complexe pour qu'il soit peut-être difficile au premier abord de se la représenter sans figure. Mais une figure en perspective tracée sur le papier serait un auxiliaire fort imparfait. Le lecteur ferait bien de tracer le réseau pentagonal sur un corps sphérique, ne fût-ce qu'une bille de billard, ou même une orange, ou mieux encore d'avoir sous les yeux le globe terrestre, sur lequel M. Laugel a tracé, comme on le dira plus loin, le *réseau pentagonal.*

Il est aisé de voir, même sur une figure imparfaite, que les cent vingt triangles rectangles scalènes du réseau pentagonal peuvent, sans aucun déplacement, être groupés par la pensée de manière à donner un système trirectangulaire. Ce groupement peut s'effec-

tuer de cinq manières différentes, et on obtient ainsi cinq systèmes trirectangulaires indépendants les uns des autres et assemblés suivant les lois de la symétrie pentagonale.

Cette propriété remarquable du réseau pentagonal peut aussi se déduire des énoncés donnés ci-dessus. Chacun des trente arcs qui forment les côtés des vingt triangles équilatéraux est coupé perpendiculairement dans son milieu par un autre grand cercle primitif, qui y passe sous la forme de deux apothèmes réunis par leurs pieds. Le nombre de ces intersections rectangulaires est de trente, mais, comme chacune d'elles se trouve sur deux grands cercles primitifs, on en trouvera soixante, si on suit les grands cercles primitifs l'un après l'autre en comptant les intersections rectangulaires qu'on y rencontre. Chaque grand cercle primitif en renferme quatre, qui sont placées à des intervalles égaux chacun à un apothème augmenté d'un demi-côté de triangle équilatéral; réunion qui forme exactement un quart de circonférence. On voit d'après cela que chacun des grands cercles primitifs est conjugué avec deux autres pour former un système trirectangulaire. Les quinze grands cercles primitifs donnent cinq systèmes semblables, contenant chacun six intersections rectangulaires, ce qui en fait trente comme on l'a déjà dit.

Pour trouver ces cinq systèmes trirectangulaires sans ambiguïté, il suffit de considérer les milieux des cinq côtés de l'un des *douze* pentagones. Chacun de ces milieux présente une intersection rectangulaire appartenant à un système trirectangulaire différent de ceux auxquels appartiennent les quatre autres.

La manière dont s'assemblent les cent vingt triangles rectangles scalènes, dans lesquels la surface de la sphère est divisée par les quinze grands cercles primitifs du réseau, permet de mettre en évidence, avec la plus grande facilité, les principales propriétés de la symétrie pentagonale. Il suffit pour cela d'étudier les différentes figures auxquelles ils donnent naissance par leurs divers modes de groupement.

Les cordes des trois côtés de chacun des vingt triangles sphériques équilatéraux, composés respectivement de six triangles rectangles scalènes, forment un triangle équilatéral plan, et les vingt triangles plans ainsi obtenus constituent un *icosaèdre régulier* inscrit dans la sphère et dont les sommets coïncident avec les centres des douze pentagones.

Les cordes des cinq côtés de chacun des douze pentagones sphériques réguliers, composés respectivement de dix triangles rectangles scalènes, forment un pentagone régulier plan, et les douze pentagones plans ainsi engendrés constituent un *dodécaèdre régulier* inscrit dans la sphère et dont les sommets coïncident avec les centres des vingt triangles équilatéraux.

Chacune des trente intersections rectangulaires des grands cercles primitifs du réseau occupe le milieu de l'un des trente losanges sphériques résultant de l'assemblage quatre à quatre des cent vingt triangles rectangles scalènes. Si par chacun de ces trente points on mène un plan tangent à la sphère, on formera un solide terminé par trente losanges égaux entre eux et régulièrement assemblés. Ce solide est circonscrit à la sphère, mais il peut être remplacé par un autre semblable et un peu plus petit, qui serait inscrit dans la sphère de manière à ce que les sommets quintuples coïncident avec les centres des douze pentagones et à ce que ses sommets triples se trouvent sur les rayons aboutissant aux centres des vingt triangles équilatéraux.

Chacun des cinq systèmes trirectangulaires conduit d'une manière analogue à un cube, à un octaèdre, aux deux tétraèdres qui en dérivent par hémiédrie, et à un dodécaèdre rhomboïdal. Ainsi le réseau pentagonal renferme cinq cubes, cinq octaèdres, dix tétraèdres et cinq dodécaèdres rhomboïdaux assemblés suivant les lois de la symétrie pentagonale.

La considération de ces différents solides met sur la voie de trouver les grands cercles qui peuvent concourir avec les quinze grands cercles primitifs pour représenter la symétrie pentagonale,

ou même les remplacer dans son expression; de même que, dans le système cubique, l'octaèdre et le dodécaèdre rhomboïdal peuvent remplacer le cube.

On peut d'abord mener par le centre de la sphère six plans respectivement parallèles aux douze faces du dodécaèdre régulier. Ces six plans détermineront six grands cercles dont chacun aura pour pôles les centres de deux des douze pentagones sphériques réguliers. Ces six grands cercles seront seuls de leur espèce dans le réseau et constitueront l'expression la plus simple et la plus concentrée, la plus quintessenciée pour ainsi dire, de la symétrie pentagonale. L'auteur de la *Notice* leur a donné le nom de *dodécaédriques réguliers*.

On peut aussi mener par le centre de la sphère dix plans respectivement parallèles aux vingt faces de l'icosaèdre régulier. Ces dix plans détermineront dix grands cercles qui auront pour pôles les centres des vingt triangles équilatéraux. Ils constitueront, après les précédents, l'expression la plus concentrée de la symétrie pentagonale. L'auteur leur a donné le nom d'*icosaédriques*.

On pourrait également mener par le centre de la sphère quinze plans respectivement parallèles aux faces du solide terminé par trente losanges; mais il est aisé de voir que ces plans ne seraient autre chose que les plans mêmes des *quinze grands cercles primitifs*.

On pourrait aussi mener par le centre de la sphère quinze plans respectivement parallèles aux six faces de chacun des cinq cubes, mais ces quinze plans reproduiraient encore ceux des *quinze grands cercles primitifs*.

On pourrait songer, en outre, à mener par le centre de la sphère des plans parallèles aux faces des cinq octaèdres, ou, ce qui revient au même, des plans perpendiculaires aux diagonales des cinq systèmes trirectangulaires : chaque système trirectangulaire ayant quatre diagonales, il semble qu'il devrait y avoir, en tout, vingt plans de cette espèce; mais il n'y en a réellement que dix, parce que chaque diagonale est commune à deux des cinq systèmes tri-

rectangulaires, qui se superposent l'un à l'autre en tournant, soit de 44° 28′ 39″,04, soit de 75° 31′ 20″,96, autour de la diagonale qui leur est commune. De plus, ces dix diagonales des systèmes trirectangulaires ne sont autre chose que les diamètres de la sphère qui joignent deux à deux les centres des vingt triangles équilatéraux, de sorte que les dix plans qui leur seraient respectivement perpendiculaires rentrent dans ceux des *icosaédriques*.

Cette construction ne donne donc pas de nouveaux cercles, mais elle augmente l'importance des *icosaédriques*, et, pour constater leur condition privilégiée, l'auteur les a nommés *icosaédriques ou octaédriques*, ou même simplement *octaédriques*, nom plus facile à prononcer.

On peut enfin, pour compléter l'opération, mener par le centre de la sphère des plans respectivement parallèles aux faces des cinq dodécaèdres rhomboïdaux, faces dont on compte soixante parallèles deux à deux. Ces plans, qui sont au nombre de trente et perpendiculaires deux à deux aux plans des quinze grands cercles primitifs, déterminent trente grands cercles que l'auteur nomme *dodécaédriques rhomboïdaux*.

Les constructions qui viennent d'être définies donnent en tout 61 grands cercles, savoir :

6 *dodécaédriques réguliers ;*

10 *icosaédriques ou octaédriques ;*

15 *grands cercles primitifs ;*

30 *dodécaédriques rhomboïdaux.*

Ces grands cercles, surtout les seize premiers, sont évidemment dans les rapports les plus intimes avec la symétrie pentagonale, et l'auteur les a nommés les *grands cercles principaux* du réseau pentagonal.

M. Élie de Beaumont a donné dans la *Notice sur les systèmes de montagnes* une figure exacte (pl. V) de l'un des douze pentagones du réseau, sur laquelle tous les grands cercles principaux sont représentés par des lignes pleines ou diversement ponctuées, de manière à en rendre les quatre classes distinctes à première vue et à

montrer comment ces grands cercles s'ajustent les uns aux autres. On le voit mieux encore sur le globe où M. Laugel a dessiné le réseau pentagonal.

Mais ces *soixante et un grands cercles principaux* ne forment pas encore un réseau assez serré pour qu'on puisse y trouver les grands cercles de comparaison de tous les systèmes de montagnes. La stratigraphie ne peut pas plus s'y arrêter que la cristallographie ne s'arrête aux faces du cube, de l'octaèdre et du dodécaèdre rhomboïdal. Elle doit chercher des grands cercles auxiliaires parmi ceux qui dérivent des grands cercles principaux, lorsqu'on supprime une des conditions qui fixait ces derniers dans la position limite qui leur appartient. On obtient ainsi des grands cercles qui réflètent encore d'une manière très-marquée la symétrie pentagonale. L'auteur s'est laissé guider à cet égard par ce qui a été fait dans la cristallographie, non pas parce que la cristallographie est une science familière à beaucoup de géologues, mais parce qu'elle repose sur une analyse exacte et approfondie des rapports géométriques de tous les plans qui peuvent se rattacher au système trirectangulaire ou quadrilatéral, analyse dont on peut reporter l'esprit dans l'étude du réseau pentagonal.

Le *réseau quadrilatéral* divisant la surface de la sphère en quarante-huit triangles sphériques rectangles scalènes égaux et symétriques deux à deux, les plans des arcs qui forment les côtés de ces triangles divisent l'espace en quarante-huit angles trièdres, ayant pour sommet commun le centre de la sphère. Si dans l'un de ces angles trièdres on place un plan d'une manière quelconque, et qu'on en place un semblablement dans chacun des quarante-sept autres angles trièdres, ces quarante-huit plans formeront un solide à quarante-huit faces, qui jouira dans son ensemble de la symétrie quadrilatérale, mais qui s'y rattachera le moins possible, puisque le premier plan choisi ne s'y rattache en aucune façon. Mais le premier plan peut être choisi de manière à remplir une condition particulière par rapport à la symétrie quadrilatérale. Le solide se

rattache alors plus intimement à cette symétrie, et il s'y rattachera d'autant plus que le premier plan choisi y sera plus étroitement lié.

Le *réseau pentagonal* donne naissance de la même manière à un système de cent vingt angles trièdres qui conduisent à un solide à cent vingt faces doué dans son ensemble de la symétrie pentagonale, et d'autant plus lié à cette symétrie que le premier plan choisi s'y rattache plus étroitement.

Les cinq systèmes trirectangulaires que renferme le réseau pentagonal donnent naissance à cinq solides à quarante-huit faces, présentant 5 fois 48 plans, ou 240 plans, qu'on peut, d'après leur symétrie, considérer comme formant un solide à deux cent quarante faces; deux fois autant qu'en compte le solide dérivé du réseau pentagonal. Mais ce solide se dédouble en deux autres dont chacun présente cent vingt faces et jouit de la symétrie pentagonale.

Pour le concevoir, il suffit de remarquer que les deux triangles rectangles scalènes, qui dans le réseau quadrilatéral aboutissent par leurs angles de 45° à l'angle d'un triangle trirectangle, s'y trouvent dans des conditions de parfaite symétrie, mais que, lorsque ce même triangle trirectangle est considéré comme faisant partie du *réseau pentagonal*, l'un des côtés de chaque angle droit appartient à un petit côté et l'autre à un grand côté de l'un des triangles rectangles scalènes du *réseau pentagonal*, de sorte que les triangles du *réseau quadrilatéral* qui leur sont accolés jouent dans la symétrie pentagonale des rôles différents; ce qui conduit au dédoublement du système de 240 plans en deux systèmes de 120 plans chacun, 120 d'une espèce, symétriques deux à deux, et 120 d'une autre espèce, également symétriques deux à deux. Dans chacun des deux systèmes les cent vingt plans sont également parallèles deux à deux, et ils répondent à deux séries, chacune de soixante cercles, appartenant généralement à deux espèces différentes.

On voit par là que les deux réseaux, dans leur assemblage, s'engrènent d'une manière à la fois gauche et parfaitement régulière, et ce qu'ils présentent de similaire conduit naturellement à pro-

céder dans l'analyse du *réseau pentagonal* comme la cristallographie a procédé dans l'analyse du *réseau quadrilatéral.*

Dans le système cristallin régulier, les faces qui ont les rapports les plus directs avec la symétrie générale sont, après les faces du cube, de l'octaèdre et du dodécaèdre rhomboïdal, celles qui, en termes de cristallographie, s'appuient sur les arêtes de ces solides, et qui peuvent être engendrées par les plans de leurs faces tournant autour des arêtes qui les terminent; c'est-à-dire les faces des hexatétraèdres ou dodécaédriques pentagonaux, celles des trapézoèdres ou des solides à faces triangulaires qui en continuent la série, et celles des solides à quarante-huit faces formés de douze pyramides ayant pour bases les faces du dodécaèdre rhomboïdal. Ces faces peuvent toutes être engendrées par celles du dodécaèdre rhomboïdal tournant autour de leur petite diagonale, de leur grande diagonale, et des quatre arêtes qui les terminent.

Transportés dans le réseau pentagonal, les plans qui correspondent aux hexatétraèdres des cinq systèmes trirectangulaires sont représentés par les grands cercles, en nombre infini, qu'on peut faire passer par les trente intersections rectangulaires des grands cercles primitifs, et les plans qui correspondent aux trapézoèdres sont représentés par les grands cercles, en nombre infini, qu'on peut faire passer par les points de la surface sphérique, au nombre de soixante, où aboutissent les diagonales des angles plans des systèmes trirectangulaires. Ces points sont les milieux des arcs de 90° qui, sur les grands cercles primitifs, joignent les intersections où ils se coupent à angle droit. Enfin les plans qui correspondent aux faces des pyramides ayant pour bases les faces en forme de losange du dodécaèdre rhomboïdal sont représentés par les grands cercles, en nombre infini, qu'on peut faire passer par les points de la surface de la sphère où aboutissent les diagonales des cinq systèmes trirectangulaires. Ces points sont au nombre de vingt seulement, ainsi qu'on l'a déjà vu, et il en résulte que les cercles qui sont assujettis à y passer éprouvent par cela même une sorte de

concentration qui leur imprime d'une manière particulière le cachet de la symétrie pentagonale.

L'auteur a nommé *hexatétraédriques* ou *dodécaédriques pentagonaux* les grands cercles qui passent aux trente intersections rectangulaires des cercles primitifs du réseau. Par des motifs déjà signalés à l'occasion des solides de deux cent quarante et de cent vingt faces, les soixante hexatétraédriques, qui correspondent à chaque système de cinq hexatétraèdres, forment deux séries, chacune de trente cercles, appartenant généralement à deux espèces différentes.

L'auteur a nommé par le même motif *trapézoédriques* les grands cercles qui passent aux soixante points de la surface sphérique où aboutissent les diagonales des angles droits des cinq systèmes trirectangulaires.

Quant aux cercles qui passent par les vingt points où aboutissent les diagonales des cinq cubes, il les a nommés *diagonaux* en raison de ce que les points auxquels ils sont assujettis à passer constituent les angles des pentagones sphériques réguliers, que ces cercles traversent diagonalement.

Passant ensuite aux trois solides qui dérivent directement de la symétrie pentagonale, on peut également concevoir des faces, en nombre infini, appuyées sur les arêtes du dodécaèdre régulier, sur celles de l'icosaèdre ou sur celles du solide terminé par trente losanges, et mener par le centre de la sphère des plans parallèles à ces faces.

Les plans menés par le centre de la sphère, parallèlement aux faces appuyées sur les arêtes du dodécaèdre régulier, passent tous par l'un ou l'autre des axes de l'un des cinq systèmes trirectangulaires, et les grands cercles, qu'ils déterminent, en nombre infini, passent tous par l'un ou l'autre des trente points où les grands cercles primitifs du réseau se coupent à angle droit.

Il en est exactement de même des cercles déterminés par des plans menés par le centre de la sphère, parallèlement aux faces appuyées sur les arètes de l'icosaèdre régulier.

Ainsi tous ces cercles rentrent dans la classe des hexatétraédriques.

Il en est autrement des plans parallèles aux faces qu'on peut concevoir comme s'appuyant sur les arêtes du solide terminé par trente losanges, et formant sur chacun de ces losanges une pyramide à quatre faces. Les cercles déterminés par ces plans passent par les points de la surface de la sphère où les grands cercles primitifs se coupent sous des angles de 36°, c'est-à-dire par les centres des douze pentagones sphériques réguliers. Par suite de cette circonstance, l'auteur a donné aux cercles dont il s'agit le nom de *diamétraux*.

En résumé, les cercles qu'on est conduit à introduire, comme auxiliaires les plus directs, dans le réseau pentagonal, passent par quatre sortes de points, savoir : par les centres des douze pentagones, par les centres des vingt triangles équilatéraux, par les centres des trente losanges, et par les points situés au milieu des arcs de 90° qui joignent l'une à l'autre les intersections rectangulaires des grands cercles primitifs. Ils sont de quatre sortes : les *hexatétraédriques*, les *trapézoédriques*, les *diagonaux* et les *diamétraux*, de même qu'il y a aussi quatre espèces de grands cercles principaux.

Les points où les grands cercles auxiliaires sont assujettis à passer sont évidemment ceux qui jouent le rôle prépondérant dans l'ordonnance des cercles du réseau, et ils doivent ce privilége à la circonstance qu'ils constituent les pôles des cercles principaux.

En effet, les centres des douze pentagones sont, comme on l'a déjà dit, les pôles des six *dodécaédriques réguliers;* les centres des vingt triangles équilatéraux sont les pôles des dix *icosaédriques* ou *octaédriques;* les trente points où les *grands cercles primitifs* se rencontrent perpendiculairement sont les pôles de ces mêmes cercles, et enfin les soixante points où les diagonales des angles droits des cinq systèmes trirectangulaires rencontrent la surface de la sphère sont les pôles des trente *dodécaédriques rhomboïdaux*.

Les cercles auxiliaires que nous avons choisis, passant toujours

par les pôles de l'un des grands cercles principaux, coupent nécessairement ce grand cercle à angle droit; ainsi les grands cercles auxiliaires que nous avons introduits sont tout simplement les perpendiculaires aux grands cercles principaux, et le réseau, limité à ces cercles, est composé simplement des grands cercles principaux et de tous leurs perpendiculaires.

Les pôles des grands cercles principaux étant tous situés sur les *grands cercles primitifs*, on voit que tous les cercles introduits dans le réseau peuvent être engendrés par les *grands cercles primitifs* tournant autour de ceux de leurs diamètres qui aboutisssent aux pôles des grands cercles principaux, et les grands cercles principaux eux-mêmes sont compris dans ce mode de génération.

Tous ces cercles sont évidemment en connexion très-étroite les uns avec les autres et avec la symétrie du réseau. Ils forment un ensemble très-rationnellement limité, et dans l'ordre des rapports de symétrie ils occupent un rang supérieur à tous ceux dont la liaison avec le système des vingt triangles équilatéraux permettrait encore d'y chercher de nouveaux cercles auxiliaires. Sans proscrire en aucune façon l'emploi de ces derniers, l'auteur de la *Notice* a pensé que, pour un premier essai de la symétrie pentagonale, on pourrait se limiter à la série de cercles qui vient d'être définie.

L'auteur a pensé aussi qu'il serait utile d'avoir une notation simple pour désigner les pôles des cercles principaux où les cercles auxiliaires sont assujettis à passer, et il a désigné par D les pôles des dodécaédriques réguliers qui répondent aux centres des faces du dodécaèdre régulier, par I les pôles des *icosaédriques* ou *octaédriques* qui répondent aux centres des faces de l'icosaèdre régulier, par H les pôles des *grands cercles primitifs* qui répondent aux centres des faces du solide de trente losanges et où passent les *hexatétraédriques*, et par T les points où aboutissent les diagonales des angles droits des cinq systèmes trirectangulaires, points où les *trapézoédriques* sont assujettis de même à passer. Il a donné collectivement à tous ces points le nom de points principaux du réseau, mais il

a aussi considéré comme points principaux d'un ordre secondaire les soixante points *a* où les octaédriques coupent perpendiculairement les *grands cercles primitifs*, les soixante points *b* où les *dodécaédriques réguliers* coupent perpendiculairement les mêmes *grands cercles primitifs*, et les cent vingt points *c* où les *dodécaédriques rhomboïdaux* coupent perpendiculairement les *octaédriques*.

Ces derniers points sont ceux où la surface sphérique est traversée par des droites menées du centre de la sphère, parallèlement aux apothèmes des faces de l'icosaèdre, du dodécaédrique régulier et des cinq octaèdres. Déjà les lignes menées par le centre de la sphère, parallèlement aux axes, aux diagonales, aux arêtes de l'icosaèdre, du dodécaèdre régulier, du solide de trente losanges, des cinq cubes, des cinq octaèdres, des cinq dodécaédriques rhomboïdaux, et aux diagonales des faces du solide de trente losanges, des cinq cubes et des cinq dodécaédriques rhomboïdaux, aboutissent aux points D, I, H et T. Les points principaux représentent donc les lignes les plus symétriquement placées dans la charpente rectiligne du réseau pentagonal, et, dans l'ordre hiérarchique basé sur la symétrie, ils sont supérieurs à tous ceux avec lesquels on pourrait les comparer.

Il y a ainsi en tout 362 points principaux, tant du premier que du second ordre, savoir :

12	points D
20	points I
30	points H
60	points T
60	points *a*
60	points *b*
et 120	points *c*
362	

La disposition de ces points sur la surface de la sphère est beaucoup plus simple que leur grand nombre ne pourrait le faire

supposer de prime abord. Si on les considère sur la planche V de la *Notice*, ou mieux encore sur le globe où M. Laugel a tracé le réseau pentagonal, on verra qu'ils sont disposés avec une symétrie facile à saisir et qui permet de les retrouver aisément. Ils donnent lieu à certaines configurations très-simples qui sont indiquées en détail dans l'ouvrage, mais dont la description ne peut trouver place dans ce rapport. On citera seulement le petit pentagone que forment autour du centre de chacun des douze grands pentagones les cinq octaédriques qui le traversent. Le petit pentagone est concentrique au grand. Il a pour sommets cinq points T, et un point *a* se trouve au milieu de chacun de ses côtés.

Dans le réseau ainsi constitué, le nombre des cercles auxiliaires est infini; mais, dans chaque catégorie, ces cercles, quoique engendrés d'une manière uniforme, n'ont pas une égale importance. En effet, parmi les hexatétraédriques, par exemple, dont chacun passe par un point H, ceux qui passent en même temps par un autre des points principaux du premier ordre D, I, T, ou même seulement par un point principal du second ordre *a*, *b* ou *c*, ont évidemment une liaison plus étroite avec la symétrie pentagonale que ceux qui ne jouiraient pas d'un pareil privilége. Le nombre des cercles auxiliaires qui passent par deux points principaux, dont l'un au moins du premier ordre, étant encore de plusieurs milliers, l'auteur a pensé que provisoirement, et pour faire un premier essai de la symétrie pentagonale, on pourrait se borner à ces cercles privilégiés, sauf à revenir plus tard, si le besoin s'en faisait sentir, à des cercles assujettis à des conditions moins étroites.

Les cercles principaux et les cercles privilégiés qui viennent d'être signalés forment en quelque sorte la quintessence du réseau pentagonal, et il a paru très-probable à l'auteur que, si le réseau a des rapports avec la structure orographique et stratigraphique de l'écorce terrestre, ces rapports doivent se manifester, par l'intermédiaire de ces cercles d'ordre supérieur, d'une manière

assez générale déjà pour ne laisser aucun doute. En effet, dans tous les essais qu'il a faits, il n'a jamais senti le besoin de recourir à des cercles auxiliaires d'un ordre inférieur; cependant quelques-unes des personnes qui se sont occupées de l'application du réseau pentagonal y ont eu recours dans des cas exceptionnels, qui pourront peut-être se multiplier.

Les cercles auxiliaires du réseau pentagonal correspondent à peu près aux décroissements de la cristallographie, et, par leur moyen, le réseau pentagonal devient aussi flexible pour représenter une direction observée que l'est un système cristallin pour reproduire approximativement une incidence mesurée. La limitation du nombre des cercles auxiliaires ressemble à ce qui se pratique dans la cristallographie, où, par exemple, pour l'incidence d'un hexatétraédrique sur la face du cube, on peut adapter un angle dont la tangente soit le rapport de deux nombres entiers quelconques, mais où, par le fait, on n'emploie jamais que des angles dont la tangente est exprimée par le rapport de deux nombres peu considérables, tels que 1, 2, 3, 4...

La possibilité de se servir toujours de pareils nombres montre les rapports intimes de la cristallographie avec la structure réelle des corps cristallisés, et de même la possibilité de s'en tenir presque toujours à des cercles auxiliaires déterminés par les points principaux du réseau montre les rapports intimes qui existent entre le réseau pentagonal et la structure de l'écorce terrestre.

Les notations adoptées pour les points principaux fournissent des notations très-simples pour les cercles qui y passent; car il est naturel de désigner par IT un cercle qui passe par un point I et un point T, par T*a* un cercle qui passe par un point T et un point *a*. Il est à remarquer cependant que, réduite à ce degré de simplicité, la notation a quelque chose d'ambigu, parce qu'il y a des cercles IT et des cercles T*a* de plusieurs espèces, qui traversent dans le réseau des régions très-différentes. Pour faire disparaître cet inconvénient, il suffit de remarquer qu'un cercle qui passe par

deux points principaux passe très-souvent par plusieurs autres qui peuvent également servir à le désigner et dont on peut faire entrer les lettres indicatives dans sa désignation. On arrive ainsi à des notations telles que Tl*a*, TT*bbc*, etc. Il suffit de tenir compte des points qu'un cercle rencontre dans une demi-circonférence, ceux de l'autre moitié du cercle étant nécessairement les antipodes des premiers.

Le nombre des cercles d'une même espèce est variable. Les *dodécaédriques* réguliers sont au nombre de 6, les *octaédriques* au nombre de 10, les *primitifs* au nombre de 15, et les *dodécaédriques rhomboïdaux* au nombre de 30. Quant aux cercles auxiliaires, ceux dont les pôles tombent sur les *primitifs* sont au nombre de 30 d'une même espèce, et ceux dont les pôles sont en dehors des primitifs sont au nombre de 60, aussi d'une même espèce. 60 est le nombre normal, car le nombre des triangles rectangles scalènes étant de 120, ce nombre est aussi en général le nombre des faces d'un solide du système pentagonal, tel que celui qui résulte d'une pyramide à quatre faces placée sur chacune des faces du solide terminé par trente losanges; mais, si deux faces deviennent perpendiculaires au plan d'un *primitif*, les cercles qui leur correspondent se confondent deux à deux, et de 60 leur nombre se réduit à 30, parce que leurs pôles viennent se placer respectivement sur le *grand cercle primitif*, auquel ils sont perpendiculaires. C'est par des combinaisons du même genre, mais plus spéciales, que le nombre des *primitifs* se réduit à 15, celui des *octaédriques* à 10, et celui des *dodécaédriques réguliers* à 6. En général, plus le nombre des cercles d'une même espèce est réduit, plus les cercles de cette espèce sont étroitement liés à la symétrie pentagonale. Les six *dodécaédriques réguliers* sont, comme on l'a déjà remarqué, l'expression la plus concentrée de la symétrie pentagonale.

Dans l'étude qu'il fit du réseau pentagonal pour arriver à le constituer ainsi, M. Élie de Beaumont fut naturellement conduit à

calculer les valeurs d'un grand nombre d'angles formés par les cercles du réseau dans leurs intersections mutuelles, et les amplitudes d'un grand nombre d'arcs résultant aussi de la manière dont les cercles se subdivisent, en se coupant les uns les autres. Ces calculs, nécessairement assez longs, ne le sont cependant pas autant qu'on pourrait le supposer au premier abord, parce que les cent vingt triangles rectangles scalènes, dans lesquels les grands cercles primitifs du réseau divisent la surface de la sphère, renfermant tous exactement les mêmes choses, il suffit de calculer ce qui se rapporte à l'un d'eux pour connaître ce qui se rapporte à tous les autres. Les angles et les arcs qui ne sont pas renfermés dans un seul des cent vingt triangles s'obtiennent en ajoutant les unes aux autres les parties qui se trouvent dans plusieurs.

Les valeurs des angles et celles des arcs forment deux séries qui ont beaucoup de rapports l'une avec l'autre, et souvent on trouve des valeurs d'angles égales à celles d'arcs déjà calculés, et *vice versa*, ce qui donne des moyens de vérification toujours précieux dans une longue série de calculs ; car, du moment où on retrouve les mêmes valeurs pour certains angles et certains arcs, on doit les retrouver identiques jusque dans les dernières fractions.

L'accumulation des valeurs des angles formés par les cercles du réseau pentagonal mettait de plus en plus en évidence leur tendance à se grouper de préférence autour de certains points du quadrant, peu différents de ceux autour desquels se groupaient aussi les angles formés par les *grands cercles de comparaison provisoires* des vingt et un systèmes de montagnes de l'Europe occidentale établis d'après les observations. Par là, il devenait de plus en plus probable que la corrélation qui existe entre ces grands cercles de comparaison consiste en ce qu'ils sont soumis très-approximativement aux lois de la symétrie pentagonale. Mais il restait un pas important à faire, c'était de désigner, parmi les cercles principaux ou auxiliaires du réseau pentagonal, celui qui devait représenter chaque système de montagnes.

La considération des valeurs des angles ne suffisait pas pour y parvenir, car chaque valeur d'angle des cercles donnés par l'observation pouvait être rapprochée en général de plusieurs valeurs d'angles tirées du réseau, qui en différaient toutes de quantités inférieures aux erreurs possibles des observations. Ces valeurs se rapportaient à des parties du réseau très-différentes les unes des autres, et leur adoption aurait placé le réseau dans des positions tout à fait dissemblables sur la surface du globe. Il aurait fallu trouver entre les angles déduits de l'observation et ceux tirés du réseau deux cent dix rapprochements suffisamment approximatifs et qui s'accordassent pour donner au réseau une seule et même position. C'était un dédale à peu près inextricable, et dont il aurait été très-difficile de sortir, même après avoir calculé un nombre extrêmement considérable d'angles formés par les cercles du réseau.

TROISIÈME PARTIE.

INSTALLATION DU RÉSEAU PENTAGONAL SUR LA SURFACE DU GLOBE TERRESTRE.

Il y avait là une donnée première à chercher, qui n'était comprise ni explicitement ni implicitement dans la notion abstraite du réseau pentagonal.

Il fallait trouver, au milieu des irrégularités infinies des accidents orographiques, un point de départ assuré pour placer la figure parfaitement régulière du réseau pentagonal dans la position précise où elle a présidé à leur production.

M. Élie de Beaumont, arrêté d'abord par cette difficulté, imagina de la tourner par un expédient en quelque sorte mécanique. Il pensa que, si les lois de la symétrie pentagonale étaient réellement empreintes dans les formes orographiques qui accidentent l'écorce terrestre, les quinze grands cercles primitifs du réseau devaient en représenter en quelque sorte la forme primitive, et les autres grands cercles principaux les formes dérivées les plus importantes, et que, si on mettait en regard l'un de l'autre un globe terrestre et un réseau pentagonal réduit à ses cercles principaux, on devrait pouvoir, à la simple vue, saisir entre eux des rapports qui conduiraient à *trouver la position* dans laquelle le réseau est réellement en harmonie avec les configurations géographiques; que, si une représentation du réseau pentagonal était promenée sur la surface d'un globe terrestre, on parviendrait bientôt à saisir, entre les cercles principaux du réseau et les grandes configurations orographiques, des relations qui permettraient de *mettre le réseau à sa place*, à la suite de quelques essais.

En conséquence, il plaça sur un globe de 50 centimètres de diamètre un *filet mobile* (en fils de soie), composé en principe de vingt

mailles ayant chacune la forme d'un triangle équilatéral de la grandeur voulue pour que le filet s'applique exactement sur la surface sphérique et l'embrasse avec une rigoureuse précision. Puis, sans compléter d'abord entièrement le réseau, il y ajouta les cercles et portions de cercles nécessaires pour en rendre la forme et les principales applications faciles à comprendre et à exécuter.

Il y figura, outre les *grands cercles primitifs* auxquels appartiennent les côtés des vingt triangles équilatéraux, une partie des autres cercles principaux du réseau, des *octaédriques*, des *dodécaédriques réguliers*, des *dodécaédriques rhomboïdaux*, et même *quelques cercles auxiliaires*. Les cercles étaient liés entre eux d'une manière invariable, mais leur ensemble était mobile sur la surface du globe. Quelques tâtonnements préliminaires le conduisirent à installer tout simplement le réseau sur le triangle trirectangle, ou à peu près tel, qu'il avait trouvé être formé par les grands cercles de comparaison provisoires des systèmes du *Ténare*, de l'*axe volcanique de la Méditerranée* et de la *grande traînée volcanique des Andes et du Japon*. Ce triangle se trouvait représenté par un *grand cercle primitif* (Ténare) et par deux *dodécaédriques rhomboïdaux*. Un point T coïncidait avec l'Etna, un centre de pentagone tombait vers le milieu de l'Allemagne, et le grand cercle primitif qui passait à l'Etna allait passer aussi au Mouna-Roa, dans les îles Sandwich. On pouvait voir d'un coup d'œil qu'installé de cette manière le réseau s'adaptait assez heureusement, et même avec des circonstances d'une précision singulière, qu'il était difficile de considérer comme fortuites, à la structure de la surface entière du globe.

M. Élie de Beaumont présenta ce réseau ainsi installé à l'Académie des sciences dans la séance du 9 septembre 1850, accompagné d'une *Note sur la corrélation des directions des différents systèmes de montagnes*, qui a été imprimée dans les *Comptes rendus*, t. XXXI, p. 325, et qui a été développée dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*.

Une étude attentive, poursuivie au moyen de réseaux funiculaires

établis sur différents globes et de constructions correspondantes exécutées sur un grand nombre de cartes, ayant confirmé M. Élie de Beaumont dans le choix de l'installation qui vient d'être indiquée, il n'hésita plus à la traduire en chiffres.

La position du réseau était déjà fixée par la coïncidence d'un point T avec l'Etna et par la direction du grand cercle primitif qui de ce point allait passer au Mouna-Roa, mais il la fixa plus explicitement encore, en annonçant que le centre du pentagone qui embrasse l'Europe était situé par

lat. 50°46′3″,08 N.
long. 8°53′31″,08 E. de Paris,

et que l'orientation, en ce point, de l'un des côtés des vingt triangles équilatéraux était N. 13°9′41″,03 O.[1].

Ces trois chiffres déterminaient implicitement la position de tous les points du réseau pentagonal. Ils permettaient de calculer pour chacun d'eux sa latitude, sa longitude et l'orientation des cercles qui y passent, en se servant des valeurs, déjà calculées pour beaucoup d'entre eux, des arcs et des angles qui lient mutuellement de proche en proche tous les points du réseau.

L'auteur calcula bientôt après et consigna dans la *Notice sur les systèmes de montagnes* les données correspondantes pour les centres des douze pentagones du réseau et pour tous les points principaux du pentagone européen. Il put aussi calculer avec une égale facilité les positions d'autant de points principaux des autres pentagones qu'il le jugea utile, et les intersections avec les méridiens ou avec les parallèles de tous les cercles dont il voulut s'occuper, de manière à pouvoir construire le réseau sur des cartes de toutes les parties du globe.

Il constata ainsi une harmonie générale et très-précise entre le

[1] Note contenant les données qui fixent la position du réseau pantagonal sur la surface du globe. (*Comptes rendus*, t. XXXIII, p. 134, séance du 11 août 1851.) — Voyez aussi *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 1028.

réseau pentagonal et les formes orographiques de toutes les parties de la terre, aux détails desquelles il s'adaptait souvent avec une étonnante exactitude. Le but était donc atteint. Sans doute l'installation actuelle du réseau n'est qu'approximative et provisoire, puisqu'elle n'est établie que d'après l'Etna et le Mouna-Roa. Beaucoup d'autres points auraient eu le même droit à servir de points de départ, et, pour satisfaire à ces exigences, la position provisoire actuelle devra certainement être corrigée. Mais il y a lieu de penser que les corrections devront être peu considérables, car les recherches ultérieures de l'auteur ne lui ont pas encore appris dans quel sens elles devront être faites.

Toute provisoire et approximative qu'elle était, cette position du réseau était suffisamment définie pour être mise en rapport avec les grands cercles de comparaison provisoires des vingt et un systèmes de montagnes, de manière à trouver quels étaient les grands cercles principaux ou les grands cercles auxiliaires du réseau qui devaient les représenter. Pour procéder à cette détermination, l'auteur ne se contenta pas des secours qu'il trouvait dans les réseaux funiculaires qu'il avait établis sur des globes terrestres; il se procura un instrument beaucoup plus commode et plus précis, une carte d'Europe sur laquelle le réseau pentagonal était tracé.

L'auteur avait construit l'épure du pentagone européen projeté sur le plan qui était tangent à la sphère au centre du pentagone par la prolongation des plans des différents cercles. Chacun de ces cercles était représenté sur l'épure par une ligne droite. Leur agencement, leurs points de concours étaient conservés; une partie des angles qu'ils forment entre eux était seulement modifiée par l'effet de la projection; sur la même épure il traça aussi les contours géographiques, projetés de la même manière par des lignes droites partant du centre de la sphère, et il eut ainsi la carte intitulée *Le* Pentagone européen *en projection gnomonique sur l'horizon de son centre*, qui constitue la planche V de la *Notice sur les systèmes de montagnes.*

Pour exécuter cette projection, il calcula, d'après les formules données dans l'ouvrage, les projections des méridiens, qui étaient toujours des lignes droites, et celles des parallèles, qui étaient toujours des courbes du second degré, pour un plan tangent à la sphère, à la latitude du centre du pentagone; et, pour rattacher avec précision la projection de ce canevas à l'épure du pentagone européen, il se servit des latitudes et longitudes déjà calculées de vingt-six des points principaux du pentagone européen. Il ne resta plus qu'à faire dessiner une carte d'Europe sur ce canevas de projection. La petitesse de l'échelle, dont il dut se contenter, put introduire quelques inexactitudes dans le tracé de la carte, mais elles ne sont pas assez considérables pour avoir fait naître des inconvénients très-sensibles.

Muni de cette carte et de beaucoup de tracés préliminaires exécutés sur d'autres cartes, muni aussi de ses réseaux funiculaires pour suivre les cercles dans les régions éloignées de l'Europe, l'auteur put procéder méthodiquement au choix des cercles principaux ou auxiliaires du réseau pentagonal qui devaient remplacer les *grands cercles de comparaison provisoires* donnés par l'observation. Cette opération assez longue ne peut être rapportée en détail dans ce rapport. Il suffira de dire que pas un des cercles cherchés ne fit défaut. Il fallut seulement modifier les orientations et les points de départ des cercles donnés par l'observation, de quantités plus ou moins grandes, mais toujours comprises dans les limites de l'incertitude résultant de la manière même dont les *grands cercles de comparaison provisoires* avaient été originairement choisis.

L'auteur avait toujours été animé, dans ses travaux, de la pensée de ne pas viser à une précision imaginaire que la matière ne comportait pas. A l'époque déjà éloignée où il commença à s'occuper des directions des systèmes de montagnes, il croyait, comme tous les géologues, que la direction des accidents stratigraphiques ne pouvait être assignée avec beaucoup de rigueur, et il pensait qu'en la fixant en nombres ronds et à deux ou trois degrés près

on ne négligeait rien d'essentiel. Il regardait aussi comme peu important de faire partir de tel point plutôt que de tel autre le grand cercle qui représentait l'orientation indiquée. Il cherchait à le placer vers le milieu de la région dans laquelle avaient été observés les accidents stratigraphiques auxquels il se rapportait, sauf à le déplacer plus tard dans un sens transversal à son orientation, si la nécessité s'en faisait sentir. Plus d'une fois, à mesure que le champ des observations s'étendait, il avait, comme l'indique la *Notice*, déplacé transversalement, de quatre à cinq degrés, certains grands cercles de comparaison.

Il était donc naturel qu'on fût obligé, pour trouver dans le réseau pentagonal le représentant d'un système de montagnes donné, de faire subir à ce dernier un changement d'orientation allant dans certains cas jusqu'à deux ou trois degrés, et un déplacement transversal de plusieurs degrés. Cependant, dans le plus grand nombre des cas, les changements ont été beaucoup moindres et les choix que l'auteur a faits parmi les cercles du réseau ont tous été sanctionnés par des circonstances qui seront mentionnées plus tard.

Mais c'est ici le lieu de remarquer que l'obligation, dans laquelle il s'est trouvé, de modifier quelquefois notablement les *grands cercles de comparaison provisoires* déduits de l'observation, répond à une objection qui lui a été faite par quelques personnes et qui a paru plausible à un grand nombre. On a dit que, vu le grand nombre des cercles du réseau pentagonal, on devait toujours en trouver qui passassent dans une région donnée avec une orientation déterminée. Or c'est là précisément ce qui n'a pas lieu. L'auteur, dans chaque région, n'a eu généralement à choisir qu'entre des cercles très-peu nombreux ayant approximativement une orientation déterminée, et il a été obligé de se soumettre à la nécessité de modifier plus ou moins les *grands cercles de comparaison provisoires;* mais on verra par la suite que c'était là une nécessité motivée par la nature des choses et qui ne faisait que lui imposer de grands cercles jalonnés à l'avance par les phénomènes géologiques.

Dans l'idée première des systèmes de montagnes, le *grand cercle de comparaison* était simplement une ligne idéale, abstraite; on ne supposait en aucune façon qu'elle pût avoir sur la surface du globe une existence matérielle. Or l'application du réseau pentagonal a mis en lumière le fait que le grand cercle de comparaison d'un système de montagnes, lorsqu'il remplit bien la condition d'être la véritable représentation de tout l'ensemble, a joui du privilége d'être choisi de préférence pour devenir le théâtre des phénomènes de dislocation et d'éruption, et la propriété du réseau pentagonal est de faire découvrir ces cercles privilégiés.

Ce n'est pas que tous les points remarquables de l'écorce terrestre se trouvent sur les grands cercles fournis par le réseau pentagonal pour représenter les différents systèmes de montagnes. On sait depuis longtemps qu'un système de montagnes se compose d'un nombre plus ou moins grand d'accidents stratigraphiques qui courent parallèlement à son *grand cercle de comparaison.* Le cercle donné par le réseau coïncide avec l'une de ces lignes qui est ordinairement la plus continue ; les autres s'y rattachent par leur parallélisme.

Les grands cercles du réseau qui représentent des systèmes de montagnes ne sont pas les seuls qui *prennent en enfilade* une longue série de points orographiquement ou géographiquement remarquables. Les grands cercles principaux du réseau et les grands cercles auxiliaires les plus symétriquemeut placés jouissent très-souvent de la même propriété, ainsi qu'on en verra des exemples plus loin. On peut remarquer aussi que les chaînes de montagnes ne sont pas en rapport, par leurs directions seulement, avec les cercles de la sphère géologique; elles le sont aussi par leurs terminaisons. Elles s'arrêtent presque toujours à la rencontre de l'un des cercles principaux ou auxiliaires du réseau, de sorte qu'un système de montagnes est composé de chaînons parallèles à un grand cercle du réseau et terminés à la rencontre d'autres cercles qui coupent le premier; à peu près comme un filon est composé de

tronçons terminés et rejetés transversalement à la rencontre de filons croiseurs ou de simples fissures.

Les lignes stratigraphiques, parallèles aux cercles du réseau, qui entrent dans la constitution des systèmes de montagnes, jouent un rôle analogue dans leurs rencontres mutuelles ou dans leurs rencontres avec d'autres cercles du réseau. Les accidents orographiques sans longueur, comme les pics bien détachés sur les chaînes de montagnes, les volcans isolés, les îles éparses au milieu de l'Océan, se trouvent très-souvent aux points d'intersection des cercles du réseau pentagonal et de leurs parallèles.

Les caps et les fonds des golfes anguleux se trouvent être très-habituellement les points par lesquels les cercles du réseau et leurs parallèles passent de la terre sur la mer, et souvent ils sont marqués par les intersections de ces cercles.

De là il résulte que les points remarquables de l'écorce terrestre, loin d'y être jetés pêle-mêle et au hasard, y forment une sorte de quinconce soumis directement ou indirectement à la symétrie pentagonale et qu'on peut appeler le *quinconce pentagonal.*

Dans ce quinconce, les intersections des cercles du réseau entre eux jouent le rôle principal. Les intersections de leurs parallèles ne se rattachent qu'indirectement à la symétrie pentagonale et peuvent être qualifiés de *points du second ordre.*

Mais la nature, en marquant tous ces points en nombre immense, n'a pas pris soin d'accentuer plus fortement les points du premier ordre que ceux du second. De très-hautes montagnes marquent souvent les points de cette dernière classe. Dans l'Europe occidentale, le mont Blanc, le mont Rose, le Cantal, le mont Dore, la Maladetta, etc. se trouvent en dehors des grands cercles principaux du réseau et de tous les cercles auxiliaires étudiés jusqu'à présent, et ne correspondent qu'aux croisements de leurs parallèles; tandis que d'autres montagnes moins hautes, quoique très-remarquables aussi, la Miedje en Dauphiné, le ballon de Guebwiller et le Champ-du-Feu dans les Vosges, le Chaumont et la Dôle dans le Jura,

se trouvent placées, avec une précision singulière, sur le cours des cercles du réseau et souvent même à leurs intersections.

Une chose curieuse à remarquer, c'est que les lieux où la population est concentrée se trouvent, sous ce rapport, dans le même cas que les hautes montagnes, dont les cimes sont désertes. Les hommes, dans l'origine, ont sans doute disséminé partout leurs habitations, mais ils ne les ont agglomérées de manière à former des villes que dans des points où ils trouvaient des conditions d'existence exceptionnellement favorables. Ces points étaient particulièrement ceux que les formes orographiques ont destinés à être dans plusieurs directions des lieux de passage habituels. Ces points-là se sont rencontrés de préférence sur les lignes stratigraphiques et à leurs croisements. Il en a été de même de beaucoup de rochers qui, sans être assez élevés pour être inhabitables, étaient assez escarpés pour être facilement défendus.

Les confluents et les coudes des rivières se trouvent de même assez souvent sur les cercles du réseau ou à leur croisement, et dans beaucoup de cas les populations s'y sont agglomérées.

Plus loin, on verra de nombreuses applications de ces remarques. A ces divers égards, aucune partie du globe n'a d'avantage ou de désavantage sur les autres, et les côtes de la Nouvelle-Hollande ou de l'Amérique russe sont aussi bien partagées que l'Europe occidentale et les côtes de la Méditerranée.

M. Élie de Beaumont, pour composer la dernière partie de la *Notice sur les systèmes de montagnes*, dont tout ce qui vient d'être dit sur le *réseau pentagonal* a été extrait, s'était servi de globes sur lesquels étaient établis des réseaux funiculaires, de nombreuses cartes sur lesquelles il avait tracé des cercles et des parties du réseau, et de la carte d'Europe en projection gnomonique qui forme la planche V de l'ouvrage.

Il avait exprimé le regret de ne pouvoir joindre un globe à cet ouvrage, car il était impossible de publier un globe avec un réseau funiculaire; mais beaucoup de lecteurs avaient trouvé qu'un globe

avec le réseau pentagonal tracé, de manière ou d'autre, sur sa surface, leur serait presque aussi nécessaire pour lire le livre qu'il l'avait été pour le composer.

M. Auguste Laugel voulut bien se charger de combler cette lacune. En se servant des chiffres que M. Élie de Beaumont avait calculés et qu'il possédait déjà en grand nombre, il traça et fit graver le réseau pentagonal sur un globe de M. Ch. Dieu, de 30 centimètres de diamètre. De profondes connaissances en mathématiques et en géographie et une grande dextérité dans le maniement des instruments graphiques permirent à M. Auguste Laugel de surmonter heureusement toutes les difficultés de cette opération, et le globe parut, à la fin de l'année 1855, chez M. Sauret-Andriveau, géographe-éditeur, et chez M. P. Bertrand, libraire, éditeur de la *Notice sur les systèmes de montagnes*. M. Laugel y traça non-seulement les soixante et un grands cercles principaux du réseau, mais encore plusieurs séries complètes de cercles auxiliaires choisis parmi les plus symétriques, et tous les cercles auxiliaires qui avaient été adoptés comme grands cercles de comparaison de différents systèmes de montagnes. Les cercles de différentes classes sont figurés par des lignes pleines ou diversement ponctuées, qui permettent de les distinguer aisément les uns des autres, comme sur la planche V de l'ouvrage. Les trois cent soixante-deux points principaux sont indiqués par leurs lettres désignatives, après avoir été marqués, pour la plupart, d'après leurs latitudes et leurs longitudes calculées. Enfin des teintes plates diverses, appliquées sur les cent vingt triangles rectangles scalènes, permettent d'en saisir les contours à la première vue et de se rendre compte de leur assemblage en douze pentagones, en vingt triangles équilatéraux et en trente losanges.

Ce globe est beaucoup plus commode que ceux sur lesquels le réseau pentagonal était figuré par des fils tendus, et il met en évidence les rapports entre le réseau pentagonal et les configurations orographiques et géographiques avec une précision qui n'a d'autres limites que la petitesse de l'échelle.

Mais les inconvénients de cette petitesse de l'échelle, qui n'est que de $\frac{1}{133,333,333}$, se font sentir dès qu'on cherche à entrer dans les détails.

Comme l'emploi d'un globe beaucoup plus grand serait dispendieux et embarrassant, on ne peut guère remédier à cet inconvénient qu'en traçant les cercles du réseau sur des cartes d'une échelle suffisante.

Afin de faciliter cette opération aux personnes qui voudraient l'exécuter, M. Élie de Beaumont compléta les chiffres qu'il avait réunis progressivement pour son usage personnel.

Il les présenta à l'Académie des sciences et ils furent imprimés dans les *Comptes rendus* sous le titre de *Tableau des données numériques qui fixent 159 cercles du réseau pentagonal*[1].

Les données que l'auteur fournit pour chaque cercle sont la longitude L, rapportée au méridien de Paris, du méridien auquel le cercle est perpendiculaire, la distance b du point d'intersection au pôle, c'est-à-dire le complément de sa latitude, et enfin la distance c de ce même point d'intersection à l'un des points principaux compris dans le cercle que l'on considère. Pour chacun des cercles principaux, ces trois quantités ont pu être calculées par la résolution d'un seul triangle sphérique rectangle, en partant des points principaux que l'auteur avait déjà déterminés en latitude, en longitude et dans l'orientation de l'un des cercles principaux qui y passent, et en se servant des valeurs déjà connues des angles que forment entre eux les cercles principaux du réseau et des arcs dans lesquels ils se subdivisent.

L'indication de la valeur de l'arc c a pour objet de fournir les moyens de calculer les positions des points qui se trouvent à des distances déterminées les uns des autres sur le cercle auquel cet arc appartient. Pour les cercles auxiliaires assujettis seulement à passer par deux des points principaux du réseau, il a souvent été

[1] *Comptes rendus*, t. LVII, p. 121, séance du 20 juillet 1863.

nécessaire de résoudre un premier triangle pour déterminer leur orientation aux points où ils doivent passer.

Les cent cinquante-neuf cercles auxquels se rapportent les données numériques sont les soixante et un grands cercles principaux, les trente bissecteurs I H des angles de 60°, les trente bissecteurs D H des angles de 36°, et trente-huit autres cercles auxiliaires de diverses espèces déjà employés ou essayés pour représenter différents systèmes de montagnes.

Les grands cercles principaux et les deux espèces de bissecteurs, qui forment pour chaque espèce de cercles des séries complètes, sont groupés et rangés dans la portion des tableaux relative à chaque espèce, conformément au rôle qu'ils jouent dans les cinq systèmes trirectangulaires que renferme le réseau pentagonal. Cette disposition facilite les moyens de suivre sur la surface de la sphère les cinq systèmes trirectangulaires assemblés suivant les lois de la symétrie pentagonale et de voir comment ils se pénètrent mutuellement.

Les trente-huit cercles auxiliaires, autres que les bissecteurs, ne formant pas de séries complètes, sont réunis dans la dernière section du tableau, où on remarque seulement que plusieurs d'entre eux sont, deux à deux ou trois à trois, homologues l'un de l'autre.

Les trois chiffres inscrits sur une ligne horizontale, à la suite de la désignation de chaque cercle, permettent de calculer, par la résolution d'un triangle sphérique rectangle, le point où chaque cercle coupe un méridien ou un parallèle déterminé, ce qui donne les moyens de les construire, avec la plus grande précision, sur toutes les cartes où le canevas des méridiens et des parallèles n'a pas été omis.

Les trente-huit cercles auxiliaires du dernier tableau sont sans doute destinés à se multiplier beaucoup dans la suite. Les personnes qui s'occuperont d'étudier les *systèmes de montagnes* dans diverses régions de la terre, et de trouver leurs représentants dans

le réseau pentagonal, sentiront la nécessité de calculer les données numériques relatives aux cercles auxiliaires auxquels ils auront recours.

Les cercles auxiliaires admis actuellement dans le réseau étant déterminés par la condition de passer par deux des points principaux, il est nécessaire, pour calculer les données numériques qui les fixent sur la surface du globe, de connaître les latitudes et les longitudes de chacun des points principaux du réseau et l'orientation en ce point de l'un des cercles principaux qui y passent.

Afin de donner à toutes les personnes, à qui ces matières sont familières, les moyens de calculer ces données pour tous les cercles auxiliaires dont elles voudraient suivre le cours avec précision, M. Élie de Beaumont compléta celles qui fixent chacun des points principaux du réseau, et il les réunit dans une note qu'il a présentée à l'Académie et qui a été imprimée dans les *Comptes rendus*, sous le titre de *Tableau des données numériques qui fixent les 362 points principaux du réseau pentagonal*[1].

Par suite des lois de la symétrie, les points principaux du réseau sont deux à deux aux antipodes l'un de l'autre, c'est-à-dire aux deux extrémités d'un même diamètre de la sphère. Il en résulte qu'on peut omettre les données numériques relatives à la moitié de ces points, et ne donner que celles des cent quatre-vingt-un points principaux compris dans un même hémisphère, ou, ce qui revient au même, dans six des douze pentagones du réseau.

L'auteur les a distribués méthodiquement dans six tableaux correspondant chacun à un pentagone : on y trouve pour chaque point sa latitude, sa longitude et l'orientation en ce point de l'un des cercles principaux qui y passent, orientation dont on peut déduire celles de tous les autres cercles principaux qui s'y croisent avec le premier.

Au moyen de ces données, on peut, avec la plus grande facilité,

[1] *Comptes rendus* t. LVIII, p. 308, 341 et 394, séances des 25, 22 et 23 février 1864.

placer soit sur un globe, soit sur des cartes, tous les points principaux du réseau et des amorces de tous les cercles principaux ainsi que des bissecteurs des angles de 36 et de 60°.

Les points D, I et H sont particulièrement précieux à cause du grand nombre de cercles dont on peut y tracer immédiatement un premier élément. Ainsi de chaque point D divergent dix rayons formant entre eux des angles de 18°; de chaque point I divergent douze rayons disposés symétriquement et sous des incidences déterminées dans les trois angles de 60°; de chaque point H divergent également douze rayons disposés symétriquement dans les angles de 90°, sous des incidences variées, mais connues.

En plaçant sur une bonne carte, d'une échelle convenable, l'un de ces points, d'après les chiffres donnés dans le tableau cité, et en traçant les dix ou les douze rayons principaux qui en partent, d'après leurs incidences mutuelles données dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, on peut souvent, en peu d'instants, constater un grand nombre de coïncidences curieuses entre les cercles du réseau pentagonal et les accidents orographiques les plus irréguliers en apparence. Ces cercles, qui sur les cartes forment généralement des courbes, ne peuvent être représentés exactement que sur une petite étendue, par les lignes droites ainsi déterminées; mais il est facile d'en compléter le tracé en recourant, s'il est nécessaire, à quelques calculs exécutés au moyen des données qui fixent les cercles eux-mêmes.

Cet ensemble de données numériques imprimées est beaucoup plus complet que ne l'étaient les données manuscrites que l'auteur avait mises en 1855 à la disposition de M. Auguste Laugel. Elles permettraient de tracer le réseau pentagonal sur d'autres globes. Peut-être quelques personnes seront-elles bien aises de voir le réseau installé sur un globe de grandes dimensions et présentant beaucoup de détails géographiques et même géologiques. On a parlé plus d'une fois de publier un *globe géologique*. Cela ne serait pas, en soi-même, plus difficile qu'il ne l'a été de publier des *pla-*

nisphères géologiques, comme l'ont fait MM. Boué et Jules Marcou, et la science possède aujourd'hui toutes les données nécessaires pour y tracer le réseau pentagonal.

Il pourrait être fort utile aussi, pour l'étude, de tracer le réseau pentagonal sur de très-petits globes. Un globe de 30 centimètres de diamètre est déjà un objet quelque peu embarrassant et dispendieux; mais sur un globe de 10 centimètres de diamètre, ou même seulement de la grosseur d'une orange, on pourrait tracer très-distinctement les soixante cercles principaux du réseau pentagonal, et sur un pareil globe on saisirait, au moins aussi bien que sur un globe plus gros, l'ajustage des cercles du réseau, des cent vingt triangles rectangles scalènes, etc. surtout si, comme le permettrait le bon marché de ces petits globes, on en avait plusieurs enluminés à des points de vue différents. Les embarras inhérents à la forme sphérique seraient dissipés; l'application aux détails géographiques pourrait se compléter sur des cartes. Personne n'étudierait plus le réseau sans avoir un globe sous les yeux, ce qui diminuerait singulièrement les premières difficultés d'une étude nécessairement un peu ardue.

M. de Chancourtois a mis à l'Exposition de 1867 des instruments de *sphérodésie* imaginés par lui, qui faciliteront beaucoup le tracé du *réseau pentagonal* sur des globes de toute dimension.

M. Élie de Beaumont, qui possédait, longtemps avant de les publier, une grande partie des données numériques dont il vient d'être question, a pu, après la publication de sa *Notice sur les systèmes de montagnes*, continuer à tracer sur des cartes géographiques ou géologiques des cercles ou diverses parties du réseau pentagonal, et obtenir ainsi des résultats qui n'ont reçu d'autre publicité que celle de son enseignement, mais dont quelques-uns pourront trouver leur place dans la suite de ce Rapport.

Différentes personnes ont commencé des publications en ce genre. On a pu voir à l'Exposition de 1867 un grand travail intitulé *Carte géologique de l'Europe*, essai de coloriage synthétique, avec le

pointage des gîtes minéraux et le tracé du réseau pentagonal, faisant ressortir les rapports d'alignement, exécuté, sous la direction de M. A.-E. B. de Chancourtois, par M. E. Sarrasin, avec la collaboration de M. Jedlinski, par un report des contours de la carte de M. André Dumont, employé à titre provisoire; le système des cartes géologiques générales devant être établi sur des projections gnomoniques, sur lesquelles tous les grands cercles sont représentés par des droites.

Quelques-uns des faits géologiques que la carte de M. de Chancourtois met en évidence pourront eux-mêmes trouver place dans la suite de ce Rapport.

Une carte de l'Algérie, où les cercles du réseau pentagonal sont tracés par M. Pomel, avec la plus grande précision, a de même figuré à l'Exposition de 1867, et a été récompensée par une médaille.

M. Élie de Beaumont avait fait lui-même, depuis longues années, de nombreux tracés des cercles du réseau pentagonal sur des cartes de différentes parties de l'Europe et particulièrement de la France. Il désirait rendre son travail pour la France aussi complet que possible, et la chose lui était facile : il ne s'agissait que de calculer, comme il a été dit ci-dessus, au moyen des données numériques relatives aux différents cercles du réseau, les intersections de ces cercles avec un certain nombre de méridiens ou de parallèles; mais, au moment d'entreprendre ce travail de longue haleine, il pensa qu'à l'aide d'un travail, à la vérité un peu plus long encore, il pourrait renfermer, dans une étendue à peu près égale, un résultat plus utile et plus fécond, en calculant, non les intersections des cercles du réseau avec les méridiens ou les parallèles, mais leurs intersections mutuelles.

Ces intersections sont répandues sur la surface de la France en assez grand nombre pour suffire, au moyen de raccordements faciles à exécuter, au tracé des cercles du réseau.

Le calcul du point d'intersection de deux cercles du réseau est

plus long que celui de leurs intersections avec un méridien ou un parallèle; mais ce calcul sert pour deux cercles à la fois ou même pour un plus grand nombre, et comporte des moyens de vérification qui font disparaître les fautes de calcul. En outre, le point d'intersection de deux cercles a plus de valeur que deux points quelconques de ces cercles, parce que ces points sont souvent les plus importants de leur cours, sous le rapport des relations que ces cercles présentent avec les figurations orographiques et géologiques. De plus, en calculant ces points, on reconnaît quels sont ceux où se croisent plus de deux cercles, points qui ont plus d'importance que les intersections simples.

Il n'est pas toujours facile de voir si trois cercles se coupent en un seul et même point. Le tracé graphique appuyé sur les méridiens et les parallèles peut laisser des doutes, parce que le tracé graphique peut difficilement être assez parfait pour décider si trois cercles se coupent en un seul et même point, ou s'ils forment un très-petit triangle. En outre, quand on calcule directement l'intersection de deux cercles du réseau, on détermine l'angle sous lequel ils se coupent, tandis que, si on se borne à la construction graphique, on n'obtient la valeur de cet angle que d'une manière approximative, à l'aide d'une construction graphique.

Un autre motif qui a déterminé M. Élie de Beaumont à s'attacher de préférence aux intersections mutuelles des cercles, c'est que chaque point devait être l'objet de deux calculs.

En effet, indépendamment des cartes de France ordinaires, sur lesquelles les méridiens et les parallèles sont tracés, et de la nouvelle carte de France, dite *Carte d'état-major,* publiée par le Dépôt de la guerre, sur laquelle on les trace avec le plus grand soin, il en existe d'autres sur lesquelles les méridiens et les parallèles ne sont pas tracés. Telle est la carte de Cassini, et telle est aussi la carte géologique de la France, dont la base est une réduction de celle de Cassini. Beaucoup d'excellentes cartes de France sont dans le même cas.

Pour reporter sur une pareille carte un point donné en latitude et en longitude, avec des orientations, il faut une transformation de coordonnées qui exige d'assez longs calculs. On n'aime pas, en général, à s'entourer de l'appareil qu'exige cette transformation, lorsqu'on n'a qu'un petit nombre de points à construire, et on est alors réduit à des procédés approximatifs, dont l'exactitude est médiocre. M. Élie de Beaumont a pensé qu'il serait bon de présenter à la fois, pour chacun des points dont il s'occuperait, les coordonnées relatives aux méridiens et aux parallèles et les coordonnées relatives à la projection de Cassini.

Mais devant faire ainsi pour chaque point une double série de calculs, il a pensé qu'il valait mieux les appliquer immédiatement aux points les plus importants, c'est-à-dire aux intersections mutuelles des cercles du réseau, d'autant plus que probablement, après s'être contenté d'abord de déterminer graphiquement ces intersections, on aurait senti plus tard l'utilité d'en calculer directement une partie.

Après avoir exécuté les calculs nécessaires, dont le détail ne peut trouver place dans ce rapport, M. Élie de Beaumont en a réuni l'exposé et les résultats dans un mémoire qu'il a présenté à l'Académie des sciences, et qui a été imprimé dans ses *Comptes rendus*, sous le titre de *Tableau des données numériques qui fixent, sur la surface de la France et des contrées limitrophes, les points où se coupent mutuellement 29 cercles du réseau pentagonal*[1].

Ces vingt-neuf cercles se coupent mutuellement en 812 points, 406 dans chaque hémisphère; mais, des 406 points d'intersection compris dans l'hémisphère boréal, 183 seulement tombent dans l'étendue du cadre de la carte géologique de la France et dans les parages de la Corse. C'est à ces cent quatre-vingt-trois intersections seulement que l'auteur a consacré ses calculs, et il a déterminé pour chacune d'elles sa latitude, sa longitude, les orien-

[1] *Comptes rendus*, t. LXII, p. 1257, séance du 11 juin 1866.

tations des deux cercles au point où ils se coupent et l'angle qu'ils forment entre eux; puis, par une opération subsidiaire, la distance de chacun de ces points à la méridienne et à la perpendiculaire de Paris, et l'angle formé par le méridien du lieu et la perpendiculaire à la méridienne de Paris. Les quantités, calculées au nombre de huit pour chaque point, forment huit colonnes dans le tableau, dont une ligne est consacrée à chacun des cent quatre-vingt-trois points.

L'auteur a calculé aussi et consigné dans un tableau à part les intersections des cercles avec le méridien de Paris.

Les données contenues dans les trois dernières colonnes du tableau précédent permettaient de construire les cent quatre-vingt-trois intersections sur la carte de Cassini et sur celles qui dérivent de sa réduction, par exemple sur la carte géologique de France, aussi facilement que sur toute autre carte.

La construction a été effectuée sur le *tableau d'assemblage des six feuilles de la carte géologique de la France*, et tirée en couleurs, avec le tableau, à l'Imprimerie impériale. Malgré la petitesse de l'échelle, on peut y prendre un aperçu de la précision des rapports qui existent entre les cercles du réseau pentagonal et la structure géologique de la France. La difficulté de préciser ces rapports, sans le secours d'une figure, a engagé à joindre au présent Rapport la carte qui vient d'être mentionnée.

QUATRIÈME PARTIE.

ÉTUDE DES RELATIONS EXISTANTES ENTRE LE RÉSEAU PENTAGONAL ET LES INÉGALITÉS DE L'ÉCORCE TERRESTRE.

Il est temps de passer à l'application du réseau pentagonal à la structure orographique et stratigraphique de l'écorce terrestre, et à la *question vitale* de savoir si ce réseau est une simple fantaisie géométrique, ou s'il représente quelque chose de réel et de *matériellement existant* sur la surface du globe.

Pour constater les relations qui existent entre le réseau pentagonal et les accidents de l'écorce terrestre, je suivrai un à un ceux des cercles du réseau qui ont été le plus étudiés sous ce rapport, en faisant connaître les remarques principales auxquelles chaque cercle a donné lieu.

Je placerai les cercles dans un ordre qui me fera procéder de l'ensemble aux détails, c'est-à-dire à peu près comme l'étude elle-même a procédé. Je commencerai par des côtes et des contrées lointaines sur lesquelles on ne peut faire quelquefois que des remarques un peu générales, et je terminerai par la France, qui peut fournir, surtout aujourd'hui, des rapprochements beaucoup plus précis.

Une grande partie des remarques que je rapporterai ont été faites sur des cartes de différentes contrées, sur lesquelles les cercles du réseau ont été tracés à la main, avec le plus grand soin, mais auxquelles je ne puis renvoyer le lecteur afin qu'il les y trace pour son propre usage, parce que ce serait le supposer entouré d'un appareil cartographique que peu de personnes ont pu réunir. Je ne pourrai cependant éviter de supposer souvent que le lecteur a sous les yeux, outre la carte géologique réduite de la France, le

globe sur lequel M. Auguste Laugel a tracé le réseau pentagonal et la carte du pentagone européen en projection gnomonique sur l'horizon de son centre qui forme la planche V de la *Notice sur les systèmes de montagnes*, objets qui sont dans le commerce depuis douze et quinze ans, et qu'on rencontre assez fréquemment.

LES SIX DODÉCAÉDRIQUES RÉGULIERS.

Les cercles du réseau pentagonal, dont je m'occuperai en premier lieu, seront les six *dodécaédriques réguliers*, dont le système est, comme on l'a vu précédemment, l'expression la plus concentrée de la symétrie pentagonale.

Chacun des *dodécaédriques réguliers* a pour pôles deux centres de pentagone situés aux antipodes l'un de l'autre. L'un d'eux, par conséquent, a pour pôles le point D, centre du pentagone européen qui tombe près de Remda, en Saxe, et un autre point D, antipode du premier, situé dans l'océan Austral, au sud-est de la Nouvelle-Zélande. D'après les points près desquels il passe, M. Élie de Beaumont a désigné ce cercle sous le nom de *dodécaédrique régulier du cap Corrientes et de Singapour*.

Ce grand cercle, qui passe au point H, près de Tehuantepec, côtoie, dans un intervalle de plus de quinze cents kilomètres, les côtes sud-ouest du Mexique, en passant très-près du cap Saint-Lucas, extrémité de la Californie, ainsi que du cap Corrientes, et à une faible distance du célèbre port d'Acapulco. Il aborde le continent de l'Amérique méridionale par le massif avancé de la pointe Galera et du cap San-Francisco, près d'Esmeraldas.

Dans l'intérieur de ce continent il coupe la chaîne des Andes, en passant à une faible distance au nord du volcan de Pichincha et de la ville de Quito, c'est-à-dire vers l'extrémité septentrionale de la chaîne volcanique de l'équateur; puis, après avoir traversé un point H, situé à l'est des Andes, il côtoie à une faible distance de longues parties du cours du Guapore et de celui de Teite, et il

sort enfin du continent par le fond du golfe situé au sud-ouest de Rio-Janeiro, en coupant le nœud montagneux qui s'approche de la côte du Brésil, entre les villes de Saint-Paul et de Santos.

Traversant ensuite l'océan Atlantique méridional, il rase l'île de Tristan-d'Acunha, qu'il laisse au sud à quelques minutes de distance, passe à l'emplacement actuellement assigné au banc du Télémaque, situé au sud de la colonie du Cap, et aux rochers de l'Union, situés au sud de Madagascar. D'autres roches sont encore signalées sur cette ligne. Plusieurs sont indiquées comme douteuses, et leur existence est probablement assez difficile à constater, mais il y a à parier que plusieurs d'entre elles existent réellement. Ainsi l'île de Tristan-d'Acunha aurait une sorte de très-long cortége, placé précisément de manière à marquer, au milieu des mers de l'hémisphère austral, le cours de notre *dodécaédrique régulier*.

Ce grand cercle traverse ensuite l'océan Indien, dans une partie complétement dépourvue d'îles, puis il coupe l'île de Sumatra à peu près au milieu de sa longueur, en passant approximativement au mont Ophir ou Berapi, qui est un volcan considérable, et ensuite la presqu'île de Malaca, près de sa pointe sud-est, à très-peu de distance de Singapour.

Après avoir traversé la mer de la Chine, où il passe à un point H, il aborde l'île de Luçon par sa saillie sud-ouest, la pointe Subec, et la traverse en passant approximativement au mont Arayat ou Aringuay, qui est un volcan actif, et en laissant la ville de Manille à assez faible distance au sud-est; puis il va passer à un point H, placé d'une manière remarquable à l'extrémité septentrionale du petit archipel des îles Bonin-Sima, situé au sud-est du Japon.

Dans le long intervalle de Singapour aux îles Bonin-Sima, ce grand cercle court parallèlement à la terminaison sud-est des terres asiatiques.

Plus loin, il traverse l'océan Pacifique dans une vaste étendue dépourvue d'îles, et rejoint, sur les côtes américaines, le cap Saint Lucas.

Ce grand cercle est singulièrement favorisé sous le rapport de l'importance naturelle ou sociale des points près desquels il passe. Pour le faire sentir, il suffit de le comparer à un autre grand cercle qui semble appelé à rivaliser avec lui.

Dans beaucoup d'atlas de géographie, on trouve une mappemonde en projection stéréographique sur l'horizon de Paris et de son antipode. Cette manière de diviser le globe est à peu près celle qui donne les deux hémisphères les plus inégaux sous le rapport de la quantité de terres qu'ils contiennent, car les terres se trouvent presque toutes dans l'hémisphère dont Paris est le centre, tandis que l'hémisphère opposé ne contient que l'Australie et la partie méridionale de l'Amérique du Sud.

Mais, sous ce rapport, le cercle auquel le point D, près de Remda, sert de pôle, jouit à peu près des mêmes propriétés, tandis que près du cercle dont Paris est le centre on ne trouve pas une suite de jalons isolés au milieu des mers, comme l'île de Tristan-d'Acunha et son cortége, trois volcans comme le Pichincha, le Berapi et le mont Aringuay, et quatre villes aussi remarquables qu'Acapulco, Quito, Singapour et Manille.

Un second *dodécaédrique régulier*, celui *du Sénégal et de la Nouvelle-Guinée*, a pour pôles le point D, centre du pentagone de l'Amérique russe, et un autre point D, antipode du premier, situé dans les régions australes, près de la terre d'Enderby.

Ce *dodécaédrique régulier* aborde le continent de l'Amérique méridionale à une petite distance au nord de Lima, et coupe les Andes du Pérou au nœud de Pasco, qui renferme la région métallifère du même nom et les sources de l'Amazone. Après avoir coupé le dodécaédrique précédent au point H, situé à l'est des Andes, il traverse la grande dépression de l'Amazone en s'adaptant au cours de ce fleuve, dans la partie où il reçoit le Rio-Negro et le Madeira, et il sort du continent américain en passant au bord des terres élevées de la Guyane, qui limitent au nord la large embouchure de l'Amazone.

Ce grand cercle traverse l'océan Atlantique un peu au sud des îles du cap Vert, et aborde le continent de l'Afrique entre le cap Vert et l'embouchure du Sénégal. Il coupe le cours de ce fleuve vers Podor, puis, comme le montre la carte planche V de la *Notice sur les systèmes de montagnes*, il traverse le grand désert de Sahara et le désert de Libye, d'où il sort par le mont Djebel-Ramlah. Tracé sur la belle carte géologique de l'Égypte par M. Russegger, il coupe la vallée du Nil près du coude remarquable qu'elle forme aux environs de Keneh, où elle est profondément creusée dans les calcaires du terrain crétacé. Notre cercle suit presque exactement, sur trente lieues de longueur, un escarpement calcaire au pied duquel se trouve Denderah. Passant ensuite à Maksur el Benat, il s'adapte à certains contours des roches cristallines de la chaîne qui borde la mer Rouge, et il en sort par l'éperon montagneux qui borde, au nord, la vallée sèche à l'issue de laquelle se trouve le port de Kosseier.

Après avoir passé au point H situé au N.-O. de Médine, le *dodécaédrique régulier* traverse l'Arabie et les anfractuosités méridionales du golfe Persique, où le besoin d'abréger m'empêche de m'arrêter, puis la partie septentrionale de l'océan Indien, où il court parallèlement à la côte du Béloutchistan. Enfin, passant au large des bouches de l'Indus, il va aborder la côte de l'Inde par la presqu'île de Cutch, dont il rase le contour méridional en l'entamant légèrement.

On sait qu'il existe d'excellentes cartes topographiques de l'Inde, dressées et publiées à Londres aux frais de la Compagnie des Indes orientales. Ces cartes, basées sur la grande triangulation du colonel Lambton, méritent toute confiance, particulièrement quant à la position géographique des points et aux orientations. M. Greenough, le célèbre auteur de la carte géologique de l'Angleterre, a profité des cartes publiées par l'*East India Company*, et des documents géologiques recueillis par ses agents, pour dresser et publier en 1854 une *Carte physique et géologique de l'Inde britannique*

(*General sketch of the physical and geological features of British India*), dont il s'est empressé de faire hommage à l'Académie des sciences[1]. Cette carte est sur une échelle de $\frac{1}{1800000}$, c'est-à-dire un peu plus grande que celle du *tableau d'assemblage de la carte géologique de la France*, qui est de $\frac{1}{2000000}$.

L'auteur a placé sur l'une des marges une rose des directions des différents systèmes de montagnes de l'Europe, tirée de la *Notice sur les systèmes de montagnes*, sans tenir compte des modifications que ferait subir à ces directions leur transport dans une contrée aussi éloignée que l'Inde : c'était une invitation tacite à M. Élie de Beaumont de faire à l'Inde l'application du *réseau pentagonal;* application qu'il s'est empressé de réaliser sur l'exemplaire de la carte de l'Inde que M. Greenough avait bien voulu lui envoyer à lui-même. Il l'a présentée plus d'une fois dans ses leçons, avec les cercles du réseau tracés exactement, comme on l'a fait depuis lors pour d'autres contrées plus ou moins lointaines.

Un point H du réseau pentagonal tombe presque au milieu de la presqu'île occidentale de l'Inde, au midi de la grande rivière Nerbudda, dans l'angle formé par le confluent des rivières Tapty et Poorna. Les cercles du réseau qui se croisent à ce point H, et d'autres, qu'il a été également facile de figurer, s'adaptent avec une précision singulière à certains traits de la géologie indienne, ainsi qu'on le verra dans la suite de ce Rapport. Ici je ne parlerai que du *dodécaédrique régulier* dont nous suivons le cours, et qui passe lui-même au point H, dont il s'agit.

La côte de la presqu'île de Cutch, que rase, en l'entamant légèrement, le *dodécaédrique régulier*, est formée, d'après la carte de M. Greenough, de dépôts tertiaires, au milieu desquels s'élèvent, un peu plus au nord, parallèlement à notre cercle, les collines trappéennes des Doura Hills. Plus loin, dans la presqu'île de Gujerat, il effleure l'extrémité septentrionale de la crête granitique des

[1] *Comptes rendus*, t. XXXIX, p. 796; séance du 23 octobre 1854..

Granier Mountains, en laissant au nord d'autres protubérances granitiques moins importantes. Il atteint ensuite près de son embouchure le cours du Nerbudda, et s'adapte à la courbe que forme cette rivière autour de l'extrémité méridionale de la chaîne granitique du Salamber Range.

Après avoir traversé le Nerbudda, il entre sur le vaste plateau trappéen du Malwa et du Deccan, dont le point H occupe à peu près le centre. Avant d'atteindre le point H, il passe tout juste au coude que forme, au bord du Tapty, la chaîne trappéenne des Sautpoor Mountains, et, au delà du point H, il va couper avec la même précision le massif trappéen des Berar Ghauts. Il arrive finalement à la côte d'Orissa, au milieu du massif granitique qui s'élève au midi des bouches du Mahanuddy.

Après avoir traversé le golfe du Bengale, notre *dodécaédrique régulier* coupe la presqu'île orientale de l'Inde, où le défaut d'espace m'empêche de la suivre, et il atteint le point H de la mer de la Chine, où il croise le *dodécaédrique régulier du cap Corrientes et de Singapour*, que nous avons déjà étudié.

Ici commence la partie la plus remarquable peut-être du cours de notre cercle. Tracé avec précision sur la belle carte de l'océan Pacifique par M. Vincendon-Dumoulin, il traverse l'appendice montagneux de la partie septentrionale de Bornéo, parallèlement à ses principales lignes de contour, en passant près de l'une des cimes principales; il rase la pointe nord de Célèbes, qui renferme le volcan de Kemas, en touchant les écueils qui la défendent; il coupe l'île de Gilolo, un peu au sud du volcan de Gammacanore, par le point de concours des singulières ramifications qui la composent, touche les petites îles Guebé et Gagy, et aborde la Nouvelle-Guinée par sa pointe O.-N.-O. formée par les îles qui bordent au sud le détroit de Dampier. Il constitue ensuite, pour ainsi dire, l'axe de la Nouvelle-Guinée, passe au point H qui se trouve dans son intérieur, au nord du détroit de Torres, et dont j'aurai à parler plus d'une fois, et, poursuivant son cours entre le mont Aird et le

mont Astrolabe, il sort de ce petit continent par sa pointe orientale, près des îles Duperré, pour suivre, jusque vers sa pointe orientale, la direction de l'archipel de la Louisiade, dont il rase, au sud, les derniers écueils. Plus loin, il traverse obliquement l'archipel des Nouvelles-Hébrides, en touchant l'extrémité nord de l'île Sandwich.

Ensuite le *dodécaédrique régulier* suit sa direction jusqu'à la côte du Pérou, sans rencontrer aucune terre; mais il passe très-près de l'île de Pylstaart et des îles Bass, qu'il laisse au sud, de l'île Pitcairn et de l'île Ducie, qu'il laisse au nord, à une si petite distance qu'on pourrait dire qu'elles jalonnent son cours, et il forme la limite entre les vastes archipels polynésiens, situés au nord, et l'océan Pacifique austral, dans lequel s'élèvent seulement un petit nombre d'îlots isolés, tels que Waihou et Salas y Gomez.

Un troisième *dodécaédrique régulier,* celui *des Açores et de la terre de Van-Diemen,* a pour pôles le point D, centre du pentagone de la Chine, et son antipode le point D, centre du pentagone du Chili. Ce cercle traverse de vastes mers dépourvues d'îles et des continents peu explorés, ce qui n'empêche pas qu'on puisse signaler sur son cours certains repères remarquables.

Il aborde l'Afrique par sa côte S.-E., en déterminant, par son intersection avec un grand cercle primitif, un point *b* qui marque avec une précision singulière le fond du golfe où se trouve Sofala. Il traverse ensuite les parties les moins connues du continent africain, en passant à un point H situé, dans l'intérieur du Congo, près du plateau de Dembo et peu éloigné de la région des grands lacs découverts depuis quelques années dans l'intérieur de l'Afrique. Après avoir passé, de même, au point H du Sahara, il sort de l'Afrique un peu au nord du cap Noun, en passant, d'après la belle carte du Maroc par M. Émilien Renou, à la ville d'Ofrân, bâtie sur le sommet de l'une des dernières ramifications qui se détachent de l'Atlas vers le S.-O. pour aller expirer dans le désert, près de la côte.

Entrant alors dans l'océan Atlantique et passant au point *b* situé près de Porto-Santo, il côtoie à une petite distance le groupe de Madère et l'archipel des Açores. Il est parallèle à l'une des directions qui se dessinent le mieux dans l'orographie de ces îles volcaniques, et il constitue le *grand cercle de comparaison* le plus naturel à adopter pour le *système des Açores.*

Notre cercle tombe un peu au nord des Açores; mais, comme il existe des roches et des bas-fonds plus au nord encore, on peut le considérer comme représentant l'axe d'un barrage qui traverse obliquement l'océan Atlantique. Ce barrage, ébréché à l'endroit où passe le *Gulf Stream*, se dirige vers le banc de Terre-Neuve et vers l'île du même nom, qui, réunis, forment une sorte d'avant corps du continent américain, placé de manière à venir à sa rencontre et à déterminer avec lui, dans l'océan Atlantique, un véritable étranglement. Certains détails de la structure de l'île de Terre-Neuve s'harmonisent avec notre *dodécaédrique régulier,* qui la traverse, suivant une des lignes principales de sa figure générale. Il y entre en coupant à sa base le cap Bonavista, non loin de la station électrique de Hearts-Content, où aboutit le câble transatlantique, et il en sort par le promontoire qui termine au nord la baie des Îles. Pénétrant ensuite dans la vaste embouchure du Saint-Laurent, il rase au nord, parallèlement à l'une des directions orographiques qui s'y dessinent, la longue île d'Anticosti, comme il a rasé les Açores, dans la prolongation desquelles se trouve cette île, aussi bien que la bande méridionale de Terre-Neuve.

Dans l'intérieur du Canada, notre *dodécaédrique régulier* suit la côte septentrionale du lac Supérieur. Il y passe à un point H, dont les douze rayons s'engrènent avec une précision singulière dans les anfractuosités des contours des grands lacs.

Fidèle à son rôle de barrage peu proéminent, il sépare à peu près exactement les bassins de ces grands lacs de ceux de la baie d'Hudson et du lac Winnepeg, et le bassin de ce dernier lac de celui du Mississipi, et, poursuivant son cours à travers les mon-

tagnes Rocheuses, il va encore jouer un rôle du même genre dans la Californie.

Il rase, en effet, l'extrémité septentrionale du vaste port de San-Francisco, et il entre dans l'océan Pacifique par la pointe los Reys, à très-peu de chose près, en coupant le promontoire qui borde au nord l'entrée de la passe.

Dans l'océan Pacifique, il traverse les archipels polynésiens, et on pourrait signaler la proximité où il passe de plusieurs îles; mais ce qu'il présente de plus remarquable dans la continuation de son cours, c'est la manière dont il traverse la Tasmanie ou terre de Van-Diemen. Il y entre par la presqu'île Freycinet, pour en sortir par le mont de Witt, placé sur la saillie de la côte occidentale, près de laquelle tombe un point H, dont les douze rayons s'adaptent avec une précision remarquable aux anfractuosités des terres voisines.

Ce grand cercle, suivant lequel les deux continents de l'Afrique et de l'Amérique septentrionale se relient par une sorte de barrage transatlantique, joue, par rapport à eux, un rôle assez remarquable par sa symétrie, en réunissant la région des grands lacs de l'Amérique septentrionale à celle des grands lacs de l'Afrique, et en sortant de l'un des continents par le port de San-Francisco, après avoir traversé les montagnes Rocheuses, comme il sort de l'autre par le port de Sofala, après avoir traversé la grande chaîne qui borde le canal de Mozambique.

Un quatrième *dodécaédrique régulier*, celui *du Brésil et du Japon*, a pour pôles le point D, centre du pentagone des îles Seychelles, et son antipode le point D, qui tombe dans l'océan Pacifique, au N.-E. des îles Marquises.

Tracé avec précision sur la belle carte de l'océan Pacifique par M. Vincendon-Dumoulin, ce grand cercle, partant des régions voisines du pôle austral, où il passe à une distance de $1^{\circ}\,20'\,52'',03$ seulement, laisse à l'ouest la terre Adélie, et à l'est, à moins d'un degré, l'île de la Compagnie royale; puis, traversant le point H,

situé près de l'angle S.-O. de la terre de Van-Diemen, il aborde cette grande île au pied du mont Heemskerk, et en sort par la pointe nord de l'île Three-Hummok, qui se projette dans le détroit de Bass.

Au delà du détroit il entre dans la Nouvelle-Hollande par le cap Shank, qui sépare l'entrée du port Western de celle du havre de Melbourne, et passe près de cette grande ville et au pied du mont Macedon. Il se prolonge ensuite dans les parties peu connues de l'intérieur du continent jusqu'à la terre de Carpentarie, où il touche le mont Long et d'où il sort par la baie de la Princesse-Charlotte, à l'ouest du cap Melville, limite orientale du détroit de Torres.

Traversant ce large bras de mer, il coupe la Nouvelle-Guinée suivant son petit axe, en passant au point H, déjà signalé plus haut. Il y entre par le fond d'une baie et en sort par une autre baie, en passant près de l'île Boissy.

Poursuivant son cours presque droit au nord, il passe à l'extrémité occidentale des îles Carolines, laisse à l'est les îles Mariannes et à l'ouest l'île de Soufre, et, avant d'atteindre un nouveau point H, déjà mentionné, longe, parallèlement à sa direction, l'archipel rectiligne des îles Bonin-Sima, qu'il laisse à quelques minutes seulement vers l'ouest.

Plus au nord, il côtoie à une faible distance la côte orientale de la grande île de Niphon, partie principale de l'empire du Japon, puis il traverse la terre de Yeso parallèlement à la chaîne de montagnes qui joint son cap méridional à son cap septentrional, et, franchissant le détroit de la Pérouse, il va enfin couper longitudinalement la longue île Seghalien ou Tarraikaï, en suivant la direction de ses accidents orographiques les plus remarquables.

Il atteint ensuite la mer d'Okhotsk, puis la Sibérie orientale, où je n'essaye plus de le suivre pas à pas, et dont il sort en formant dans la mer Glaciale l'axe de l'une des îles de la Nouvelle-Sibérie.

Plus loin dans les régions glaciales, il passe à $1^{\circ}20'52'',03$ du

pôle boréal, en coupant perpendiculairement le méridien situé à 51° 29′ 29″,82 à l'est de Paris, méridien qui passe un peu à l'est de la mer Caspienne et de Madagascar.

Notre *dodécaédrique régulier* sort des contrées polaires par le Groënland, traverse dans sa longueur l'océan Atlantique boréal sans y toucher à aucune terre, rencontre le Brésil, dont il détache un petit segment, en y pénétrant par l'extrémité occidentale de la baie de San-Roque, et en en sortant par l'embouchure du Rio-San-Francisco, où tombe un point *b*.

Enfin, dans l'océan Atlantique austral, il traverse par son milieu la grande île de Géorgie, et va ensuite rejoindre notre point de départ dans les glaces du pôle austral.

Ce *dodécaédrique régulier* n'a, comme on le voit, que peu de points de repère dans sa partie occidentale; mais dans sa partie orientale, depuis la terre de Van-Diemen jusqu'à la mer d'Okhotsk, il s'adapte à une série d'accidents topographiques fortement caractérisés, avec une précision qui a quelque chose de surprenant.

Un cinquième *dodécaédrique régulier*, celui *du Spitzberg et du lac Supérieur*, a pour pôles le point D de l'océan Atlantique, centre du pentagone de Sainte-Hélène, et son antipode le point D, situé dans l'océan Pacifique, près des îles Marshall.

Ce cercle passe au point H, situé dans l'océan Pacifique, près de Tehuantepec, et traverse le Mexique dans sa partie étroite. Il y entre par la saillie qui limite à l'ouest le golfe de Tehuantepec, pour en sortir par la pointe qui s'avance dans le golfe du Mexique, entre la Vera-Cruz et Alvarado, et il passe à quelques kilomètres seulement du rocher de San-Juan-d'Ulloa.

Au delà du golfe du Mexique, il aborde le territoire des États-Unis par les dunes et les lagunes, à contours incertains, qui bordent la côte plate du Texas. Il s'avance vers le nord en traversant la région des monts Osark, coupant le Missouri et le Mississipi un peu au-dessus de leur confluent, et il traverse l'état de Wisconsin parallèlement aux accidents statigraphiques qui s'y dessinent, et

qui eux-mêmes sont presque parallèles à la direction générale du lac de Michigan.

Il entre ensuite dans le lac Supérieur par la région cuprifère de la pointe Kewenah, en sort par le point H de sa côte septentrionale, et entre dans la baie d'Hudson, à quelques minutes du cap Lookout, pour en sortir par la large ouverture qui conduit au détroit d'Hudson.

Poursuivant son cours à travers la baie de Baffin, il traverse le Groënland par le point H déjà mentionné, et plus loin il aborde le Spitzberg, où il s'adapte à plusieurs des accidents orographiques que les meilleures cartes y figurent.

Entrant dans l'ancien continent par le pays des Samoyèdes et la vallée de la Petchora, il coupe l'Ural ou coude que forme cette chaîne en s'articulant avec celle des monts Obdores, près du mont Sablin, passe au point H situé à son pied oriental, et atteint l'Himalaya à travers le Turkestan.

Toutes ces contrées sont peu riches en points de repère précis, mais il n'en est plus de même de l'Inde, où pénètre ensuite notre *dodécaédrique régulier*, qui passe au point H situé au sud de la rivière de Nerbudda, où il coupe le *dodécaédrique régulier du Sénégal et de la Nouvelle-Guinée.*

En le traçant sur la carte de M. Greenough, on voit qu'il traverse la grande arête montagneuse de l'Asie, à l'ouest de Karakorum et de Cachemire, près du point où l'Himalaya devient l'Indoo-Kosh. Il coupe le cours de l'Indus à sa sortie des gorges profondes dans lesquelles ce grand fleuve traverse la chaîne granitique, et à peu près au point où le coupe lui-même l'auxiliaire H*baab*, qui représente le système de la chaîne principale des Alpes et de l'Himalaya occidental.

Il sort de la région montueuse près de la terminaison orientale de la chaîne salifère, qui borde au nord les plaines du Punjab. Dans ces vastes plaines il coupe le cours du Sutleje près du point où viennent le couper l'auxiliaire D*ac*, qui représente le système

des Pays-Bas, et le *dodécaédrique rhomboïdal* qui représente l'axe volcanique de la Méditerranée.

Il est curieux sans doute de voir deux cours d'eau aussi puissants que l'Indus et le Sutleje, et qu'on pourrait croire capricieux, s'astreindre à passer aussi approximativement par des points de croisement des cercles du réseau pentagonal.

Le *dodécaédrique régulier* sort des plaines du Punjab et du désert de Bicanair en coupant la chaîne granitique qui les borde au S.-E., près du point où il est coupé lui-même par l'auxiliaire T*b*, qui représente le système du Tatra; puis il s'adapte à des coudes et à des confluents de diverses rivières d'un ordre secondaire et à des contours compliqués de terrains figurés sur la carte de M. Greenough. Plus au sud il aborde l'angle N.-O. des trapps du Malwa par le cap montueux de Roondee, qui sans doute a frappé d'une manière spéciale l'attention des anciennes populations de l'Inde et qui a été peut-être le siége d'une grande ville, car M. Greenough y signale, par des notes gravées sur sa carte, des palais, de belles ruines, des statues d'éléphants, de chevaux, etc., de grandeur naturelle.

Plus loin encore il traverse la rivière Nerbudda dans une de ses inflexions, située un peu au-dessus de Mundlesir, localité célèbre elle-même par des ruines indiennes, et, après avoir traversé la chaîne des montagnes de Sautpoor dans une de ses dépressions, il atteint le point H situé dans l'angle formé par le confluent des rivières Tapty et Poorna.

Il poursuit ensuite son cours sur la surface uniforme du plateau trappéen du Deccan, dont il ne sort que pour parcourir la surface non moins monotone des terrains de granite et de schistes cristallins qui s'étendent vers le cap Comorin; mais dans ce dernier intervalle il rase avec une précision remarquable le contour arrondi des grès et des calcaires diamantifères de Golconde. Il sort enfin de la presqu'île occidentale de l'Inde par un point remarquable de sa côte S.-E., celui où vient s'attacher la ligne de bas-fonds appelée le *Pont d'Adam*, qui la relie à l'île de Ceylan.

Une fois entré dans l'océan Indien, le *dodécaédrique régulier* poursuit son cours à travers les mers, sur une longueur de deux cents et quelques degrés, jusqu'au point H, près de Tehuantepec, sans rencontrer aucune terre actuellement connue. Il laisse seulement à une faible distance à l'ouest, dans l'océan Pacifique, au midi de l'équateur, la petite île de Salas-y-Gomez, qui est comme la garde la plus avancée des îles polynésiennes.

Le sixième *dodécaédrique régulier,* celui *de la mer Caspienne et de la terre Graham,* a pour pôles le point D, centre du pentagone des Antilles, et son antipode le point D, qui tombe dans la terre d'Endracht, près de l'angle nord-ouest de la Nouvelle-Hollande.

Ce grand cercle entre en Afrique par la pointe Ilheo, au nord du pays des Hottentots, et traverse d'abord des contrées peu connues. Il passe bientôt après dans l'intérieur du Congo, à un point H voisin du plateau de Dembo et peu éloigné de la région des grands lacs nouvellement découverts dans l'intérieur de l'Afrique. Après avoir traversé les parages où on place les montagnes de la Lune, il rencontre un point *b* situé par lat. 9°49′55″,96 N. et long. 27°17′13″,67 E., qui tombe dans la vallée du Bahr-el-Abiad ou Nil-Blanc, et il côtoie ce fleuve mystérieux pendant plus de 1100 kilomètres. Tracé sur la belle carte géologique de la Nubie par M. Russegger, il passe à 22 kilomètres seulement à l'ouest de Chardun, où se réunissent les eaux du Nil-Blanc et du Nil-Bleu. Plus loin, près du Gebel-Gaerry, il se rapproche plus encore du défilé granitique dans lequel coule le grand fleuve, et, après s'en être un peu écarté, il va finalement le couper à Abu-Egli, vers le milieu de la grande courbe qu'il décrit dans le Sennar et à l'entrée du défilé, creusé dans les roches schisteuses et granitiques, qui le ramène à Merau et dans lequel se trouve la quatrième cataracte.

Traversant ensuite des montagnes de roches schisteuses, granitiques et métamorphiques, où, d'après la carte de M. Russegger, il passe à plusieurs cimes, il atteint la côte de la mer Rouge près du

point où il est coupé lui-même par un cercle I*cb*, qui, par son intersection avec un *primitif* dont il sera parlé plus loin, construit approximativement la position de l'entrée du défilé aboutissant à la cataracte de Syène.

Sortant de la mer Rouge, d'après la grande carte anglaise publiée à l'*Hydrographical Office* de Londres (*Chart of the Red Sea*), par l'ancrage de Woghadee, où les eaux profondes, dégagées d'écueils, se rapprochent de la côte arabique, il atteint le point H, situé au N.-O. de Médine.

Il traverse ensuite les terres vénérables, mais assez médiocrement relevées, de la Chaldée et de l'Arménie, entourées par cinq mers intérieures, la mer Méditerranée, la mer Capienne, la mer Noire et le golfe Persique, et, passant entre le lac Van et le lac d'Urmiah, il franchit la chaîne du Caucase, pour atteindre le point *b* situé près de Derbend. Il coupe la partie septentrionale de la mer Caspienne en rasant la pointe du cap Tuk-Karagan qui s'y projette du côté asiatique. La position de ce cap est construite sur le *dodécaédrique régulier* par un grand cercle auxiliaire D*ac*, qui représente le système des Pays-Bas. Notre cercle sort enfin de la Caspienne par un point de sa côte nord, dont la position est construite approximativement par son intersection simultanée avec l'auxiliaire TT*bbc*, qui représente le système du Sancerrois, et avec l'auxiliaire TD*b*, qui représente le système du Finistère.

Plus loin, notre *dodécaédrique régulier* traverse la chaîne de l'Ural, dans le large épanouissement qu'elle présente avant sa terminaison brusque près de la rivière Ural. Il s'y étend obliquement, dans un espace de plus de 400 kilomètres, parallèlement à une série d'accidents orographiques dont la direction contraste avec la direction générale de la chaîne, et, d'après la belle carte géologique spéciale de l'Ural publiée par sir Roderick Murchison[1], il y rencontre plusieurs

[1] *Russia in Europe and the Ural Mountains*, by sir Roderick Murchison and MM. de Verneuil et de Keyserling.

accidents orographiques et géologiques, tels que le confluent des rivières Blau et Tchelalcla, les masses de serpentine et le dépôt jurassique près Baigazakova, le mont Turat, les inflexions de la rivière Tanalvsk, le massif de calcaire carbonifère d'Urtazinsk, les inflexions de la rivière Kart-Kairalcka, les masses granitiques et calcaires de Troitsk, etc.

Après avoir passé au point H situé au pied oriental de l'Ural, il rencontre le confluent des rivières Tobolsk et Irtish, où se trouve la ville de Tobolsk, capitale de la Sibérie. Parcourant ensuite les grandes plaines sibériennes, il coupe l'Obi au confluent de la rivière Tram-Tugan, dont la ville de Surgut est peu éloignée, le Jénisséi près de son confluent avec la Tunguska, où se trouve la ville de Turuchansk, puis la Lena près de la ville de Gigansk; c'est-à-dire que les points où il coupe les quatre grands cours d'eau de la Sibérie présentent ces priviléges spéciaux qui ont déterminé le groupement des populations.

Il traverse bientôt après l'extrémité de la mer d'Okhotsk, puis la presqu'île du Kamtschatka, vers l'extrémité septentrionale de la chaîne volcanique qui s'y élève, et enfin la mer du Kamtschatka, dont il sort en passant à l'extrémité de la chaîne volcanique des îles Aleutiennes et en touchant l'île Attou, la plus occidentale et l'une des plus grandes de ces îles.

Entrant ensuite dans l'océan Pacifique, il passe très-près de l'île Neker et à l'extrémité occidentale de l'archipel des îles Pomotou, et atteint la terre Graham sous le cercle polaire antarctique, sans avoir touché aucune autre terre. Il n'en rencontre aucune non plus de la terre Graham à la pointe Ilheo, où il entre en Afrique.

On voit que ce *dodécaédrique régulier*, quoique très-peu favorisé sous le rapport de la connaissance topographique, acquise jusqu'à présent, des contrées qu'il traverse, rencontre cependant dans celles qui sont mieux connues un certain nombre de repères assez précis pour qu'on puisse le compter au nombre des grands cercles dont le cours est *jalonné* par des phénomènes naturels.

En résumé, les six *dodécaédriques réguliers* sont des cercles en parfaite harmonie avec les faits géologiques. Partout où ils traversent des contrées un peu connues, on constate qu'ils rencontrent des repères précis et d'autant plus nombreux que le sol a été mieux étudié. On peut remarquer, en outre, qu'ils présentent des rapports curieux avec la distribution générale des terres et des mers.

Le *dodécaédrique régulier du cap Corrientes et de Singapour* divise le globe en deux hémisphères aussi inégaux que possible, sous le rapport des quantités de terres et de mers qu'ils renferment.

Celui *du Brésil et du Japon* divise également le globe en deux hémisphères qui méritent d'être signalés, en ce que l'un est aussi près que possible de renfermer tout l'ancien continent et l'océan Atlantique, l'autre le nouveau continent et l'océan Pacifique.

Ces deux cercles, qui se croisent au point H, près des îles Bonin-Sima, et à son antipode le point H situé dans l'océan Atlantique austral, au S.-E. de Rio-Janeiro, ont leur cours presque entier sur la surface de différentes mers, et ne traversent les terres que dans des étendues peu considérables et discontinues.

Le *dodécaédrique régulier du Sénégal et de la Nouvelle-Guinée* divise l'océan Pacifique en deux parties, dont l'une est presque dépourvue de toute terre, tandis que l'autre, peuplée par les archipels polynésiens, se présente comme un vaste continent submergé. Ce grand cercle divise aussi la surface du globe d'une manière très-remarquable, mais sans produire des hémisphères aussi contrastants que les deux précédents.

Le *dodécaédrique régulier des Açores et de la terre de Van-Diemen* divise de son côté l'océan Atlantique en deux parties au moyen du barrage des Açores.

Ces deux cercles, qui se croisent au point H du Sahara et à son antipode le point H voisin des îles Viti, partagent leurs cours entre les mers et les terres. Chacun d'eux a deux grands tronçons marins, l'un dans l'océan Atlantique et l'autre dans le grand Océan,

et deux grands tronçons continentaux, l'un dans l'ancien et l'autre dans le nouveau continent.

Enfin les deux derniers *dodécaédriques réguliers*, celui *du Spitzberg et du lac Supérieur* et celui *de la mer Caspienne et de la terre Graham*, qui se croisent au point H situé au pied oriental de l'Ural, et à son antipode le point H situé dans le grand océan Austral, sous un angle de 63° 26′ 5″,84, c'est-à-dire exprimé par le même nombre que la longueur des côtés des vingt triangles équilatéraux, coupent l'un et l'autre l'ensemble des terres émergées dans sa partie pour ainsi dire la plus condensée. Abstraction faite de quelques mers intérieures (car la mer Glaciale n'est qu'une mer intérieure), chacun d'eux ne présente que deux grands tronçons, l'un continental et l'autre maritime, ce dernier étant toujours le plus étendu. L'un des deux arcs continentaux coupe la mer glaciale comme l'autre coupe la région des cinq mers intérieures (Caspienne, mer Noire, Méditerranée, mer Rouge et golfe Persique), et le premier s'adapte aux grands lacs de l'Amérique septentrionale, comme le second s'approche des grands lacs de l'Afrique. Ces deux arcs, qui, sous plus d'un rapport, sont comme le pendant l'un de l'autre, forment pour ainsi dire les deux axes de l'ensemble des terres continentales, et conduisent à y remarquer (abstraction faite toutefois de l'Amérique méridionale et de la Nouvelle-Hollande) une sorte d'écartèlement se rapportant à quatre grandes saillies qui sont : la pointe N.-E. de l'Asie, la presqu'île occidentale de l'Inde, la partie méridionale de l'Afrique et la partie méridionale de l'Amérique du Nord, près de Tehuantepec.

Les deux derniers *dodécaédriques réguliers* s'attachent à ces grandes pointes, prises deux à deux, en sautoir, et ils sont reliés entre eux, avec une parfaite symétrie, par le *dodécaédrique régulier des Açores et de la terre de Van-Diemen*, qui joint la région des grands lacs de l'Amérique du Nord à celle des grands lacs de l'Afrique.

Ces trois grands cercles laissent l'Amérique méridionale en dehors de leur combinaison, mais les *trois autres dodécaédriques*

réguliers, qui s'identifient d'une manière si remarquable avec de grandes lignes de contours, s'adaptent en même temps à ce dernier continent avec une symétrie toute particulière. Ils forment un triangle équilatéral qui a pour centre le point I situé dans le nord du Brésil, sur les bords du Rio-Tocantins, triangle où le point *b* de l'embouchure du Rio-San-Francisco occupe le milieu de l'un des côtés.

On entrevoit, dans cette adaptation si spéciale d'une simple figure géométrique aux grandes configurations géographiques, quelque vagues et confuses qu'elles paraissent, une sorte de compensation et d'équilibre qui exclurait l'idée d'une simple rencontre fortuite, si déjà cette idée n'était mise hors de cause par le jalonnement naturel des cercles que nous avons suivis et de ceux que nous allons suivre à leur tour.

LES DIX OCTAÉDRIQUES.

Après les six *dodécaédriques réguliers*, le groupe de cercles dans lequel la symétrie pentagonale est le plus concentrée est celui des dix *icosaédriques* ou *octaédriques*.

Ils en sont une expression d'autant plus intime que le réseau, comme il a été dit précédemment, les donne de deux manières différentes.

Cinq de ces octaédriques traversent le pentagone européen, et cinq s'en tiennent constamment éloignés. Je commencerai par ces derniers, qui ont pour pôles les cinq sommets du pentagone européen et leurs antipodes.

Un premier *icosaédrique* ou *octaédrique*, celui que M. Élie de Beaumont désigne sous le nom d'*octaédrique de Cochabamba et du golfe de Pechely*[1], a pour pôles le point I, sommet de pentagone et centre de triangle équilatéral qui tombe près du lac Tchad, dans

[1] *Comptes rendus*, t. LVII, p. 125, séance du 20 juillet 1863.

l'intérieur de l'Afrique, et son antipode situé dans l'océan Pacifique, à l'ouest des îles Pomotou.

Ce grand cercle aborde la côte du continent américain par la pointe de Saint-Hermengildo, située au sud de Buenos-Ayres, et il traverse, dans la direction du nord-nord-est, les vastes plaines des Pampas. Il atteint ensuite la région montagneuse de Cochabamba, contre-fort des Andes boliviennes, et il passe approximativement par la ville de ce nom. Poursuivant toujours son cours vers le nord-nord-est il passe au point H, sommet du triangle trirectangle formé par les trois grands systèmes volcaniques, et, après avoir traversé les plaines de l'Amazone et de l'Orénoque, il coupe la Cordillère de la Nouvelle-Grenade dans une partie peu élevée, près du mont Grita, auquel M. de Humboldt ne donne que 770 toises de hauteur.

Il entre enfin dans la mer des Antilles un peu à l'est du Rio-Hacha, après avoir rasé à l'ouest la grande lagune de Maracaïbo, et, passant dans l'intervalle que laissent entre elles les pointes extrêmes des îles de la Jamaïque et d'Haïti, il aborde l'île de Cuba par le port de Santiago. Il franchit au nord de cette ville les montagnes schisteuses où se trouvent des mines de cuivre connues depuis longtemps, et, après avoir coupé l'île Nassau, il sort enfin de l'archipel des îles Lucayes par son extrémité nord-ouest, où il rencontre un point T.

Plus loin, il pénètre dans le continent de l'Amérique du Nord par le havre de Charleston, coupe les Alleghanys dans la région où commencent à prévaloir les roches primitives qui dominent vers l'extrémité sud-ouest de cette chaîne, rase ou entame légèrement les pointes sud-ouest du lac Erie et du lac Huron, puis, s'adaptant aux anfractuosités des contours du lac Michigan, il le coupe à sa terminaison nord-est, près du point où ses eaux se déchargent dans le lac Huron par le canal Makinaw. Traversant obliquement le lac Supérieur, il arrive enfin au point H déjà indiqué près de sa côte septentrionale.

L'*octaédrique* traverse ensuite les territoires de la baie d'Hudson, en rasant les extrémités des golfes les plus profonds de cette mer intérieure, près des forts York et Churchill. Il sort du continent par l'une des pointes du cap Kroken et par la presqu'île de Kent, en passant aux trois petites montagnes qu'y figure la carte de l'Amirauté[1], et va joindre le point T situé sur la côte méridionale de l'île Victoria.

Après avoir parcouru les terres et les mers polaires, notre cercle va aborder la côte nord de la Sibérie orientale, où je ne le suivrai pas de point en point, quoique, sur les cartes telles qu'elles existent, il paraisse s'adapter très-heureusement à la structure de cette vaste contrée.

Plus loin, il entre en Chine, en coupant le golfe de Pe-che-ly et en s'adaptant, avec une précision singulière, à la péninsule montueuse et au barrage rocheux qui divisent ce golfe en deux parties presque distinctes et qui constituent le trait caractéristique de sa forme bizarre. Il coupe les deux grands fleuves de la Chine à peu de distance de leurs embouchures, le fleuve Jaune près d'Hoin-gan-fou, et le fleuve Bleu à Nanking, deux grandes villes dont les positions justifient une remarque faite précédemment, sur la préférence donnée par les agglomérations de population aux points voisins des cercles du réseau pentagonal.

En continuant son cours, il coupe dans sa longueur la région montueuse des parties sud-est de la Chine, dont il sort par les anfractuosités de la côte méridionale, un peu à l'ouest de la petite île Tche-lang-Siu.

Il coupe ensuite la saillie occidentale de l'île de Bornéo, près de laquelle s'élève un volcan, suivant une direction parallèle à certaines parties de ses côtes, ainsi qu'à la côte orientale de l'île Billiton, qu'il laisse à l'ouest. Après avoir coupé l'île de Java, près du célèbre volcan de Papandayang, il entre finalement dans l'océan Indien, en laissant à l'est, à une faible distance, les rochers Tryal.

[1] *Arctic America*, sheet II.

Plus au sud, notre *octaédrique* traverse tout l'océan Indien sans y rencontrer une seule terre; puis il parcourt les mers et probablement quelques-unes des terres antarctiques dont les contours ne sont qu'imparfaitement connus, et entre dans l'océan Atlantique austral, où il touche l'île Melville, la plus orientale de celles de l'archipel des Nouvelles-Orcades. Il revient ainsi au cap Saint-Hermengildo, où nous avons commencé à le suivre.

Ce cercle traverse de grandes étendues de surfaces émergées. Près de la moitié de son cours se trouve sur diverses terres. Il coupe le continent américain dans sa longueur, suivant une ligne qu'on pourrait considérer jusqu'à un certain point comme en formant l'axe de figure. Il s'adapte avec beaucoup de précision à plusieurs formes orographiques remarquables, et il est en outre jalonné par des villes importantes, Nanking, Hoin-gan-fou, Charleston, Santiago de Cuba, Cochabamba, et par plusieurs caps et autres accidents orographiques, qu'on pourrait peut-être citer en plus grand nombre si les cartes des contrées qu'il traverse avaient plus de précision.

Un second *octaédrique*, celui *du lac Baïkal et de l'île du Prince-Édouard*, a pour pôles le point I, sommet de pentagone qui tombe dans l'océan Atlantique, au sud-est des îles Canaries, et son antipode situé à l'est de la Nouvelle-Hollande, près du cap Sandy.

Ce grand cercle aborde la presqu'île occidentale de l'Inde à l'entrée de la baie de Murmagon, sur laquelle se trouve Goa, et traverse la crête des Gates de Malabar, à l'angle sud-ouest du grand plateau trappéen du Deccan. Après avoir rasé le pied oriental de la protubérance granitique de Kolapoor, que les trapps environnent déjà de toutes parts, et traversé le plateau trappéen où il rencontre quelques-unes des protubérances qui en interrompent la monotonie, il coupe le Godavery à l'une de ses inflexions, pour arriver au point H situé dans l'angle formé par le confluent des rivières Tapty et Poorna.

L'*octaédrique* coupe ensuite les montagnes de trapp qui séparent le

Tapty du Nerbudda et celles de Bhopal dans leurs parties les plus accidentées, puis, côtoyant, à peu de distance à l'est, la rivière Betwa, il traverse le grand district des roches schisteuses cristallines du Bundelcund, et en sort en coupant la même rivière Betwa à sa principale inflexion.

Plus loin, notre grand cercle traverse la grande vallée du Gange, au nord de laquelle il aborde l'Himalaya par la vallée du Sardou, située dans l'intervalle compris entre les colosses blancs de neige du Javahir et du Dhavalagiri. Cet intervalle, quoique présentant aussi des montagnes neigeuses, est cependant moins élevé et moins accidenté que les parties de l'Himalaya situées à l'est et à l'ouest. L'axe granitique paraît y être interrompu, le relief y devient plus monotone, et, en arrière, dans le Thibet, ce district se rattache à la région, d'une pente incertaine, où se trouve le lac sacré de Manasarwar et d'où les eaux s'écoulent dans quatre directions différentes, vers le Gange, vers l'Indus, vers le Brahmapoutra et vers le lac Tarogh-Youmtso, situé dans l'intérieur du Thibet. L'*octaédrique* passe ponctuellement à ce nœud de l'orographie thibétaine, et même il y est coupé par un *dodécaédrique rhomboïdal* et par l'auxiliaire H*baab*, qui représente le *système des Alpes principales et de l'Himalaya occidental.*

Je ne suivrai pas en détail notre grand cercle à travers le Thibet, le Kobi et la Sibérie orientale, où l'élément topographique fait trop souvent défaut. Je me bornerai à remarquer que dans la partie la mieux connue de ces vastes régions, dans la province sibérienne d'Irkutsk, il passe à proximité du lac Baïkal, qu'il laisse un peu à l'est, en suivant la direction générale de cette petite mer d'eau douce et des crêtes montagneuses qui la bordent.

Sortant du continent de l'Asie par la baie d'Anadir, il traverse la mer du Kamtschatka, où de bonnes cartes marines permettent de constater qu'il rase le cap Newenham, pointe la plus saillante vers le sud-ouest de la ci-devant Amérique Russe, et qu'il coupe à sa base, dans l'une des articulations de son contour, la presqu'île Alaska.

De là, notre *octaédrique* va raser, au midi de l'Amérique, la côte sud-ouest de la Terre de Feu, en formant la corde de la longue courbe sinueuse des côtes américaines et en traversant des mers profondes où il ne s'élève aucune île.

Plus loin, il traverse l'archipel des Nouvelles Shetland, et il va rencontrer la petite île du Prince-Édouard, perdue au sud de l'Afrique dans les solitudes de l'océan Austral. Il traverse ensuite l'océan Indien en rangeant la côte sud-est de l'île de la Réunion, sur laquelle s'élève le volcan célèbre de ce nom, et va gagner, près de Goa, la côte de Malabar, où nous avons commencé à le suivre.

Ce grand cercle, bien jalonné par plusieurs repères remarquables, se divise en deux parties : l'une qui traverse, suivant une de ses lignes principales, le continent de l'Asie; l'autre, beaucoup plus étendue, qui ne traverse que des mers où elle coupe seulement quelques îles ou presqu'îles de très-peu de largeur.

Un troisième *octaédrique*, celui *des Garrow-Hills*, a pour pôles un point I, sommet de pentagone qui tombe dans le détroit de Davis, entre le Groënland et le Labrador, et son antipode le point I situé au sud-ouest de la terre de Van-Diemen.

Ce grand cercle aborde le continent asiatique par la partie septentrionale de la côte de Malabar, un peu au nord de Bombay, et traverse les Gates (Ghauts) dans les hautes montagnes trappéennes où le Godavery prend sa source.

Il se dirige vers le point H situé dans l'angle formé par le confluent des rivières Tapty et Poorna, en traversant le plateau trappéen aux accidents duquel il s'adapte. Au delà du point H, il s'adapte mieux encore aux montagnes de trapp des Northern-Ghauts, aux montagnes de grès de Mahader-Phar et du Mittoor-Range, ainsi qu'à plusieurs autres dont le détail serait trop long, et, après avoir traversé le Nerbudda près de sa source, il arrive à une protubérance de schistes cristallins, entourée d'autres formations, dont la carte de M. Greenough n'indique pas le nom, et qui se trouve déjà assez près du Gange, à l'ouest-sud-ouest de Rajmahal.

Notre grand cercle coupe le cours du Gange un peu au-dessous de Rajmahal, puis il traverse, dans une étendue de plus de cinquante lieues, les terrains plats et marécageux qui séparent le Gange du Brahmapoutra, et, franchissant ce dernier fleuve, il atteint sur sa rive gauche le pied des montagnes de schistes cristallins et de granites appelées Garrow-Hills, élevées de 2000 mètres.

C'est un des traits les plus frappants de la géologie de l'Inde, telle que la figure la belle carte de M. Greenough, que cette large embrasure par laquelle toutes les eaux descendant de l'Himalaya se déversent avec leurs alluvions vers le golfe du Bengale. Les deux pitons de roches anciennes, qui forment comme les jambages de cette porte gigantesque, sont deux des repères les plus remarquables que présente le sol de l'Inde. Il est curieux de voir que notre *octaédrique* passe par l'un et par l'autre; mais ce qui rend ce fait plus significatif encore, c'est que ces deux points ne sont pas des points quelconques du cours de notre grand cercle.

La protubérance de roches anciennes située à l'ouest-sud-ouest du Rajmahal coïncide en effet avec le point où l'*octaédrique* est coupé par un *dodécaédrique rhomboïdal* et par un *bissecteur* HI, et le pied des Garrow-Hills coïncide pareillement avec le point où le même *octaédrique* est coupé par un autre *dodécaédrique rhomboïdal*, par un autre *bissecteur* HI et, en outre, par l'auxiliaire H*baab*, qui représente le *système des Alpes principales et de l'Himalaya*, et par l'auxiliaire TD*b*, qui représente le *système du Finistère*.

C'est pour rappeler cette dernière coïncidence que M. Élie de Beaumont a nommé le cercle dont nous suivons le cours *octaédrique des Garrow-Hills*. Ce grand cercle suit pendant quelque temps la direction des Garrow-Hills et des montagnes qui forment à leur suite le flanc méridional de la vallée du Brahmapoutra; puis il coupe la contrée peu connue où passent près les uns des autres les fleuves d'Ava et de la Cochinchine, traverse ensuite la Chine en suivant la vallée du fleuve Bleu, et en sort par le cap Tchang-Kiwe-Wei, au sud de l'île Chusang.

L'*octaédrique* passe ensuite au point H situé au nord des îles Bonin-Sima, traverse tout l'océan Pacifique sans y rencontrer une seule terre, puis l'Amérique méridionale, qu'il coupe un peu au nord de Coquimbo et de Porto-Alegre, et l'Afrique australe, où il entre par l'embouchure du Teté, pour en sortir un peu au sud du cap Guardafui et de l'île de Socotora. Franchissant enfin le nord de l'océan Indien, il revient à la côte de Malabar, où nous avons commencé à le suivre.

Ce grand cercle présente trois arcs terrestres, formant une somme comparativement peu considérable. La plus grande partie de son cours se trouve sur la surface des mers. Là où il traverse des contrées connues, nous avons trouvé son cours jalonné par des accidents géographiques et géologiques remarquables.

Un quatrième *octaédrique*, celui du *cap Walsh* et des *îles Sous-le-Vent*, a pour pôles le point I, sommet de pentagone qui tombe, comme le montre la carte planche V de la *Notice*, près de l'extrémité nord-est de la Nouvelle-Zemble, et son antipode le point I situé dans l'océan Glacial austral, à peu près au sud de l'île Peter.

Ce grand cercle passe au point H, près de Tehuantepec, où son orientation est peu éloignée de la ligne est-ouest. Il traverse l'Amérique centrale et ensuite la mer des Antilles, où il est sensiblement parallèle à la chaîne des îles Sous-le-Vent et à la Cordillère littorale de Vénézuéla, et dont il sort en rasant au sud les derniers rochers de l'île de la Grenade, qui termine la chaîne des Petites-Antilles.

M. Durocher, qui l'a adopté pour représenter l'un des quatre systèmes de montagnes qu'il a établis dans l'Amérique centrale, s'exprime au sujet de ce cercle de la manière suivante : « Le « *système de Vénézuéla et des volcans du Mexique* se trouve exactement « représenté, sur la sphère géologique de M. Élie de Beaumont, « par le grand cercle *octaédrique* qui passe près de la ville de Gua- « temala, longe la côte septentrionale du Vénézuéla, coupe le centre « de l'Afrique australe au plateau de Dembo, puis, après avoir rasé

« la pointe nord de Madagascar, passe entre le nord du continent « australien et l'archipel de la Sonde, et au delà coupe la Nouvelle-« Guinée et la Nouvelle-Bretagne [1]. »

Cet *octaédrique* aborde la Nouvelle-Guinée en rasant au sud, à dix ou douze minutes de distance, le cap Walsh, qui semble s'avancer à sa rencontre comme un doigt indicateur. Il passe au point H situé dans le centre de ce petit continent, dont il sort par le cap opposé au premier, celui qui termine au nord le golfe Huon. Il coupe ensuite les pointes méridionales de la Nouvelle-Bretagne, passe au sud de l'extrémité méridionale de la Nouvelle-Irlande et rase le cap nord de l'île de Bougainville, la plus occidentale de l'archipel de Salomon. Son rôle, au milieu de ces terres accidentées, n'est guère moins remarquable ni moins précis que celui des deux *dodécaédriques réguliers* que nous y avons déjà suivis.

Il se prolonge ensuite dans l'océan Pacifique, en traversant l'archipel des îles Gilbert et en limitant vers le nord la partie principale des archipels polynésiens, puis il revient au point H, près de Tehuantepec, à travers une mer complétement déserte.

Ce cercle est remarquable en ce que son cours, presque entier, reste sur la surface des mers. Il ne rencontre d'autres terres de quelque étendue que l'isthme de l'Amérique centrale, l'Afrique australe, dans une partie où sa largeur est déjà très-réduite, et la Nouvelle-Guinée.

Un cinquième octaédrique, l'*octaédrique du cap Cod*, a pour pôles le point T, sommet de pentagone situé en Perse, près de Mesched, et son antipode qui tombe dans l'océan Pacifique méridional.

Ce grand cercle aborde le continent de l'Amérique septentrionale par la saillie que constituent les bas-fonds de l'île de Nantucket, et coupe la côte de l'État de Rhode-Island au point où s'en détache le cap Cod, ce qui a conduit M. Élie de Beaumont à le nommer l'*octaédrique du cap Cod*.

[1] *Comptes rendus*, t. LI, p. 45, séance du 9 juillet 1860.

Dans l'intérieur du continent, il passe approximativement au point de partage des eaux entre la rivière Hudson et le lac Champlain, traverse dans le Canada le lac Nipissing et va passer au point H situé au nord du lac Supérieur. Plus loin, il rase l'extrémité méridionale du lac Winnepeg. Il sort du continent en coupant l'île de la Reine-Charlotte.

Il traverse ensuite l'océan Pacifique sans rencontrer aucune terre jusqu'à l'archipel des Carolines, où il passe au milieu des îles Mortlock. Plus loin, il laisse un peu à l'est l'île de l'Amirauté, et, après avoir coupé l'île Dampier, il aborde la Nouvelle-Guinée par le cap Croisilles, qui termine à l'est du golfe de l'Astrolabe.

Après avoir passé au point H de la Nouvelle-Guinée, où il coupe l'*octaédrique* précédent et deux des *dodécaédriques réguliers* étudiés antérieurement, il sort de cette grande île par le cap qui resserre le détroit de Torres. Il atteint ce cap après avoir suivi, à quelque distance dans l'intérieur, une ligne de côtes qui, avec la côte occidentale du golfe de l'Astrolabe aboutissant au cap Croisilles et avec l'île de Dampier, forme une des lignes remarquables de la Nouvelle-Guinée, ligne sur laquelle s'élève le mont Aird. Ce cercle s'adapte donc aux formes géographiques de la Nouvelle-Guinée avec le même bonheur que les trois autres cercles qui viennent d'être cités.

Après avoir coupé obliquement le détroit de Torres, il aborde la Nouvelle-Hollande par la côte sud-ouest du golfe de Carpentarie, et il en ressort vers le midi par la terre de Nuyts, en rasant, à une faible distance, l'île Rocky et la pointe Hood.

A partir de ce point, notre *octaédrique* traverse l'océan Austral, puis l'océan Atlantique dans sa longueur, sans rencontrer aucune terre, dans un intervalle de plus de 190 degrés, pour revenir au cap Cod.

Ce grand cercle n'est pas moins remarquable que le précédent par la faible étendue des terres qu'il traverse et par la persistance avec laquelle il se maintient, dans la plus grande partie de son

cours, sur des mers dépourvues d'îles et probablement très-profondes.

Les cinq autres *octaédriques* ont pour pôles les dix points I, qui n'appartiennent ni au pentagone européen ni à son opposé, et qui se trouvent dans la zone intermédiaire, entre l'un et l'autre.

Ces cinq *octaédriques* traversent le pentagone européen en passant chacun à deux points H de son contour, comme le montre la carte planche V de la *Notice.*

Ainsi un sixième octaédrique, l'*octaédrique de Nijney-Taglisk*, a pour pôles le point I, centre de triangle équilatéral et sommet de pentagone qui tombe dans l'Afrique australe, et son antipode situé dans l'océan Pacifique, au nord-nord-est des îles Sandwich.

Ce grand cercle rase la côte sud-ouest de la Tasmanie ou terre de Van Diemen, en passant au point H qui tombe dans son voisinage. Il aborde ensuite la Nouvelle-Hollande en coupant l'île Kangurou et en rasant le cap Spencer et le pied des monts Gawler, et il en sort par la baie Collier, sur la côte de la terre de Witt.

Plus loin, après avoir effleuré la petite île Benjour, il traverse les îles de la Sonde en coupant la pointe occidentale de l'île Flores, où il rase le cap Tower, puis la grande île de Bornéo, où il entre en rasant le cap Ragged-Point, à l'entrée du golfe de Passir, et d'où il sort par la pointe Tanjong-Barram. Il pénètre ensuite dans la Cochinchine par le golfe situé entre les pointes Camraigne et Hone-Hohe, et il côtoie, à quelque distance dans l'intérieur, toute la côte d'Annam.

Je ne le suivrai pas dans l'intérieur de l'Asie, dont la topographie est trop peu connue; je me bornerai à dire qu'en s'en éloignant il passe au point H, situé au pied oriental de l'Ural. Notre grand cercle entre alors dans le pentagone européen, où on peut suivre son cours sur la carte planche V de la *Notice sur les systèmes de montagnes.*

Il coupe d'abord obliquement l'Ural, où il rencontre divers accidents orographiques et géologiques remarquables, qu'on reconnaît

en traçant l'*octaédrique* sur la carte géologique de l'Ural publiée par sir Roderick Murchison et déjà citée précédemment. On peut y constater qu'en traversant la chaîne il construit, approximativement, par son intersection avec le diamétral IT, qui représente le système presque méridien de l'Ural, la position des mines importantes de Nijney-Tagilsk, l'une des capitales minérales de cette grande région métallifère, ce qui l'a fait nommer par M. Élie de Beaumont *octaédrique de Nijney-Tagilsk*.

En parcourant la Russie d'Europe, il coupe plusieurs rivières à des confluents ou à des points d'inflexion. Il passe au point T de la Finlande, rase en Suède le bord septentrional de la grande masse porphyrique de la Dalécarlie, passe au mont Stadjen, traverse en Norwége la masse porphyrique du Jotun-Field, où il passe, à quelques minutes près, par le mont *Ymæsfield* ou *Storegaldhœpiggen*, élevé de 2605 mètres et point culminant de toute la Scandinavie. On aurait pu lui en donner le nom, si la circonstance de passer par Nijney-Tagilsk n'avait paru plus remarquable encore. Il entre enfin dans la mer du Nord par la pointe septentrionale de l'ouverture du Sogne Fiord.

Dans les parages de l'Écosse il rase exactement, à la pointe méridionale des îles Shetland, le pied du phare de Sumburgh-Head, range à une petite distance l'île Fair, les pointes septentrionales des Orcades et l'île Sule-Skerry. Il suit exactement la côte si remarquablement rectiligne que présente vers le N.-O. la grande île Lewis, et en coupe seulement les caps les plus saillants. Plus loin, il passe au point T, qui tombe dans la mer, vers l'angle N.-O. de la plate-forme sous-marine qui supporte les îles Britanniques et sur le saillant de laquelle s'élève l'îlot trappéen de Saint-Kilda. Enfin, après avoir laissé cet îlot au sud, à peu près à la même distance que l'île Sule-Skerry, il pénétre dans l'océan Atlantique, en rasant à quelque distance le bord S.-E. de la plate-forme sous-marine qui supporte l'îlot de Rockall.

Tracé, d'après les chiffres du tableau, p. 1041 de la *Notice*, sur la

carte du capitaine Vidal (*Banks of soundings, Hydrographical Office*, 1833), notre *octaédrique* représente évidemment, et avec une remarquable précision, une des grandes lignes de la charpente britannique. L'autre *octaédrique*, qui passe aussi au même point T, près des îles Hébrides, forme à cet égard *son pendant*. Ce sont comme les bases de deux combles qui se réunissent sous un angle obtus, dont l'arête saillante repose sur le grand cercle *primitif* qui représente le système du *Thüringerwald*.

Parcourant ensuite l'océan Atlantique sans y rencontrer aucune terre, notre grand cercle entre dans le continent de l'Amérique méridionale, à l'extrémité orientale du delta de l'Orénoque, traverse la région montueuse des Guyanes, les plaines de l'Amazone, et coupe enfin la chaîne des Andes, entre les villes de Cuzco et d'Aréquipa.

Entrant alors dans l'océan Pacifique, il y passe bientôt entre les deux îlots, voisins l'un de l'autre, de Saint-Ambroise et de Saint-Félix; puis, après avoir traversé l'océan Austral sans rencontrer aucune autre terre, il revient à la terre de Van-Diemen, où nous avons commencé à le suivre.

Ce grand cercle se partage presque également entre les terres et les mers : les deux cinquièmes de son cours se trouvent sur des continents ou sur de grandes îles. Malheureusement, la topographie de beaucoup de ces contrées est peu connue; mais on a vu que, dans celles dont on possède de bonnes cartes, son cours est jalonné par beaucoup d'accidents orographiques ou géologiques remarquables.

Un septième *octaédrique*, celui *de l'île d'Hindoë*, a pour pôles le point I, sommet de pentagone qui tombe dans la partie N.-E. du Brésil, et son antipode situé dans l'océan Pacifique, près des îles Pelew.

Ce grand cercle aborde les terres de l'ancien continent par l'angle S.-E. de l'île de Madagascar. Tracé sur la carte de cette grande île publiée au dépôt de la marine d'après les travaux du

capitaine Owen, il y pénètre, un peu au nord du fort Dauphin, par le port de Manambatou, s'adapte avec beaucoup de précision à certains traits particuliers du relief figuré dans son intérieur, et en sort par la baie Cagembi.

Dans le canal de Mozambique, il coupe le groupe des îles Comores en passant entre Anjouan et Mayotte, puis il aborde la côte d'Afrique, près de Jubo, et traverse le Zanguebar et l'Abyssinie dont il effleure vers l'est les dernières montagnes pour atteindre enfin la mer Rouge.

Tracé sur la carte marine de la mer Rouge, en plusieurs feuilles, publiée par l'*Hydrographical Office* de Londres (*Chart of the Red Sea*), notre *octaédrique* y entre par le fond d'un golfe très-prononcé, l'ancien golfe d'Adulis, appelé par les habitants du pays Dockno ou Goob Duenoo. Ce golfe, que les cartes anglaises désignent sous le nom d'Ansley-Bay, et à l'entrée duquel se trouvent l'île de Massowah et le port d'Argeego ou Arkiko, doit aujourd'hui une célébrité imprévue au débarquement de l'expédition anglaise d'Abyssinie. L'*octaédrique* en sort en rasant plusieurs petites îles, et, après avoir traversé obliquement la partie centrale de la mer Rouge, il aborde la côte arabique par le Sherm-Yembo, entrée profonde située au N.-O. d'Yembo, port de Médine; de sorte que deux des découpures les plus profondes des côtes de la mer Rouge jouent le rôle de deux mortaises naturelles destinées à recevoir et à assujettir l'*octaédrique*, comme une pièce de charpente qui y trouverait ses appuis.

Ce grand cercle passe ensuite au point H situé au N.-O. de Médine, où il entre dans le pentagone européen, dans lequel on peut le suivre sur la carte planche V de la *Notice*.

Il traverse les contrées montueuses situées à l'est de la mer Morte, dont il ne fait probablement que côtoyer la dépression, et il coupe la vallée du Jourdain à sa naissance, au-dessus du lac de Tibériade. Plus loin, il rase au S.-O., au pied du Sanin, l'extrémité du Liban. Un point *c*, formé par l'intersection rectangulaire de l'*octaédrique* avec un *dodécaédrique rhomboïdal*, tombe sur la prolon-

gation méridionale de l'axe de la chaîne, de telle manière que le Liban et l'Anti-Liban, avec la Cœlésyrie et les ruines de Balbek, sont compris et encadrés dans celui des quatre angles droits formés par les deux cercles qui s'ouvre vers le N.-O.

Notre grand cercle pénètre dans la Méditerranée, entre Beyrouth et Tripoli, un peu au nord du cap Djebbel (Byblos). Laissant à quelque distance à l'ouest le cap Saint-André, pointe N.-E. de l'île de Chypre, il aborde l'Asie Mineure par le golfe de Tarsus et par la montagne qui domine cette ville vers le nord, suit pendant longtemps dans son intérieur le cours du Kisil-Ermak et en sort par la pointe de Kidros pour entrer dans la mer Noire.

Il s'éloigne de cette mer par le fond du golfe, où elle reçoit le Dnieper et le Bug, entre dans la masse granitique de l'Ukraine par l'angle qu'elle présente au point T près d'Olviopol, et trace en Russie la grande articulation de l'Orient et de l'Occident.

La masse des terres de l'Europe occidentale est séparée de la grande masse des terres russes et asiatiques par un étranglement que déterminent la mer Noire et la mer Baltique en se rapprochant l'une de l'autre. Cet étranglement est rendu beaucoup plus étroit par les cours du Dnieper et de la Duna, qui ne laissent l'Occident se rattacher à l'Orient que par l'espèce d'isthme méditerranéen sur lequel s'élève la ville de Smolensk. L'*octaédrique d'Hindoë*, qui forme de la mer Noire à la Finlande le contour du petit pentagone européen, s'approprie la disposition caractéristique que je viens de signaler, par le fait même de la position qu'il occupe relativement au Dnieper et à la Duna.

Il traverse la Livonie et l'Esthonie parallèlement à la longueur du lac Piepus, coupe le golfe de Finlande dans sa partie la plus étroite, près de Revel, passe en Finlande au point T, qui y occupe une position remarquable topographiquement, traverse le golfe de Bothnie à l'étranglement qu'il présente près de Vasa, et, après avoir passé à une assez petite distance du Sulitelma, l'une des montagnes les plus proéminentes, le mont Blanc, pour ainsi dire, de la La-

ponie, il sort enfin de la Scandinavie par l'*île d'Hindoë*, remarquable par sa position à la naissance de la chaîne des îles Loffoden, par sa forme rayonnée et par le concours, figuré sur la carte planche V de la *Notice*, de plusieurs des cercles qui représentent les systèmes de montagnes de l'Europe occidentale.

Notre *octaédrique* s'engage ensuite dans la mer Glaciale et dans les terres polaires, pour reparaître au point T situé à la partie méridionale de l'île Victoria.

Il traverse la partie N.-O. de l'Amérique septentrionale en passant au petit lac que traverse la rivière de Mackenzie après être sortie du grand lac de l'Esclave, et il s'éloigne de ce continent en coupant l'île de Vancouver, à quelques kilomètres d'une montagne notée comme ayant été vue couverte de neige en juillet 1792, et qui est par conséquent fort élevée.

Dans l'océan Pacifique, il traverse l'archipel des îles Marquises ou de Nouka-Hiva, où il passe à l'île Roua-Houga, et il s'adapte presque exactement à la chaîne des îles Manou, où il touche ou rase de très-près les îles Predpriatié, Humphrey, Manou, Heïou, Toui-Toui et Cumberland; puis, sans rencontrer d'autre terre que la terre Victoria du sud, il va par l'océan Austral rejoindre la côte S.-E. de Madagascar, où nous avons commencé à le suivre.

Ce grand cercle coupe beaucoup plus souvent les mers que les terres, et, parmi ces dernières, une partie sont à peine explorées dans leur intérieur. Mais, dans les contrées mieux connues, il rencontre, comme on l'a vu, un grand nombre de repères très-précis, et il s'adapte à des configurations remarquables.

Un huitième *octaédrique*, celui de l'*île Trinidad*, a pour pôles le point I, sommet de pentagone qui tombe dans le Nouveau-Mexique, et son antipode situé dans l'océan Indien, au N.-E. des îles Saint-Paul et Amsterdam.

Ce grand cercle rase, à peu de distance, dans l'océan Atlantique méridional, la petite île Trinidad, qui forme l'extrémité S.-O. d'une chaîne d'îlots dont fait également partie la petite île de Martin-

Vaz. Le célèbre navigateur sir James Ross a constaté dans l'Océan, à peu de distance de ces petites îles, une profondeur de près de 10000 mètres. Elles doivent, par conséquent, former le sommet d'une proéminence considérable de l'écorce terrestre, et l'*octaédrique* qui rase à peu de distance vers l'ouest l'île Trinidad passe probablement, à peu de chose près, par l'extrémité occidentale de cette proéminence, ce qui a conduit M. Élie de Beaumont à lui donner le nom d'*octaédrique de l'île Trinidad*[1].

Ce grand cercle aborde l'Afrique septentrionale par sa saillie S.-O. à peu de distance au N.-O. de la rivière Mesurado. Il traverse les montagnes qui séparent le haut Sénégal du haut Niger, en laissant à une très-faible distance la ville célèbre de Tombouctou; après quoi il passe au point H du Sahara, où il entre dans le pentagone européen, dans l'intérieur duquel on peut le suivre sur la carte planche V de la *Notice*.

On aperçoit sur cette carte, et on constate sur des cartes plus détaillées, qu'après avoir traversé le grand désert de Sahara, l'*octaédrique* sort du continent africain par le fond du golfe de Kabès, et côtoie les petites îles qui s'y élèvent; qu'après avoir passé à l'Etna il sort de la Sicile par le cap Pelore, à très-peu de chose près, en laissant à une petite distance les dangers de Charybde et de Scylla et la ville de Messine; qu'il coupe les pointes extrêmes de l'Italie parallèlement à leur ligne terminale; qu'il coupe la Turquie d'Europe en passant à peu près par les monts Gabar et Stara-Planina, et en suivant une direction près de laquelle les différentes lignes géologiques, qu'on peut remarquer sur l'intéressante carte de M. Boué, viennent généralement se briser; qu'il rase le pied des montagnes de la Transylvanie, et qu'il entre dans la grande masse granitique de l'Ukraine par un de ses angles, au point T près d'Olviopol.

Construit d'après les chiffres du tableau, p. 1041 de la *Notice*, sur la belle carte de sir Roderick Murchison, il entre dans l'Oural

[1] *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 1025.

par le promontoire montueux du Karatau et coupe la chaîne dans les brisures que présentent, à l'ouest de Kilitimsk, la bande du vieux grès rouge et la bande granitique.

Enfin on peut remarquer que, dans tout son cours à travers le continent de l'Europe et de l'Asie, depuis les côtes de l'Adriatique jusqu'à Tomsk en Sibérie, cet *octaédrique* rencontre une foule de rivières, et qu'il n'en rencontre presque pas une seule dans un point indifférent. Il les coupe généralement près d'un coude ou d'un confluent, ce qui annonce qu'il suit une inflexion du sol plus ou moins prononcée, mais toujours assez sensible, à l'extérieur, pour influer sur le cours des eaux.

L'*octaédrique*, poursuivant son cours à travers la Sibérie, où il coupe le lac Baïkal, en passant approximativement à Irkoutsk, puis à travers la Mongolie, la Mandchourie, la mer du Japon, traverse enfin la grande île de Niphon, dont il sort par le cap qui termine au S.-O. le golfe de Nagasaki, célèbre par ses éruptions volcaniques.

Il va passer ensuite au point H, situé à l'extrémité septentrionale des îles Bonin-Sima, et traverse les archipels polynésiens, en passant au S.-O. des îles Viti, qu'il ne touche pas.

Après avoir coupé la pointe méridionale du continent américain, où il pénètre par l'entrée occidentale du détroit de Magellan, et dont il sort par le cap Saint-François-de-Paule, il entre dans l'océan Atlantique méridional où il va raser le massif sous-marin de l'île Trinidad, à partir duquel nous avons commencé à le suivre.

Ce grand cercle présente un arc terrestre fort étendu, qui en occupe à peu près le tiers. Dans le reste de son cours il traverse de vastes mers, la plupart dépourvues d'îles et probablement très-profondes.

Un neuvième *octaédrique*, celui du *mont Sinaï*, a pour pôles le point I, sommet de pentagone, qui tombe dans l'océan Atlantique austral au S.-O. de l'île de Tristan d'Acunha, et son antipode situé dans l'océan Pacifique, au midi du Kamtschatka.

Ce grand cercle aborde le continent de l'Asie par la côte méridionale de l'Arabie, après avoir rasé à une faible distance la pointe orientale de l'île de Socotora, qui elle-même peut être considérée comme la pointe orientale des terres africaines. Il traverse les déserts de l'Arabie parallèlement à la grande vallée de la Mésopotamie et du golfe Persique et passe approximativement à Médine.

En sortant de l'Arabie, il coupe, au point où il se détache de la mer Rouge, le golfe d'Akabah, qui en forme la pointe orientale, puis il traverse la région montagneuse de l'Arabie Pétrée.

D'après la carte orographique de M. Russegger et la carte géologique de M. Figari-Bey, cartes qui diffèrent un peu dans les détails, l'*octaédrique* coupe le massif de roches porphyroïdes du mont Sinaï, en passant à très-peu près, sinon exactement par la cime de cette montagne imposante, dont il a reçu le nom, et par la fontaine de Moïse.

Ce grand cercle, dont la direction se dessine dans quelques-uns des accidents orographiques de l'Arabie Pétrée, sort de cette contrée en passant à une petite distance de la source thermale voisine du cap Hammam, et, après avoir traversé la branche occidentale de la mer Rouge, près de sa pointe extrême, qui aboutit à l'*isthme de Suez* et où le récit biblique fait passer les Israélites poursuivis par Pharaon, il entre en Égypte en rasant au N.-E. le pied du Dschebbel Deradje, montagne escarpée formée par le terrain crétacé.

Plus loin, il passe près du Caire, entre cette grande ville et la cime du Dschebbel el Mokattam, qui la domine à l'est, et, après avoir coupé le Nil dans un des points les plus remarquables de son cours, le *ventre de la vache*, où il se partage en deux branches pour former le Delta, l'*octaédrique* côtoie au N.-E. la vallée des lacs Natron, en marquant à peu près la limite entre le désert et les terres cultivables de la basse Égypte; un point *c* tombe dans ce dernier intervalle, entre les lacs Natron et les plaines du Delta.

S'étendant ensuite sur la Méditerranée, l'*octaédrique* va passer à

l'Etna, où, dans l'installation du réseau pentagonal, on a placé un point T, intersection des deux *octaédriques de l'île Trinidad* et *du mont Sinaï*. Ce dernier aborde la base de l'Etna près de Riposto; il pénètre dans le massif du *monte Gibello* par le célèbre val de Bove, passe par l'axe de *Colonne du ciel*, comme l'appelle Pindare, et, après avoir traversé les montagnes calcaires du Bosco di Caronia, il sort de la Sicile par l'embouchure de la rivière Orto, en passant au large de Palerme et du mont Pellegrino.

Il traverse ensuite le midi de la Sardaigne, où il pénètre en rasant la petite île di Cirri, pour en sortir par la pointe la plus saillante vers l'ouest du cap San-Marco, après avoir traversé l'île suivant une direction oblique, en harmonie avec sa structure géologique, telle qu'elle est figurée sur la belle carte de M. le général Albert de la Marmara.

Laissant au sud l'île de Minorque, il entre enfin en Espagne par le fort de Mongat, placé à l'extrémité méridionale du massif granitique de la Catalogne, près de Barcelone, dont il laisse la cathédrale à 12 kilomètres dans le sud. Il passe au mont Serrat, et, après avoir suivi le pied des Pyrénées, bordées au nord, elles-mêmes, par la dépression où est établi le canal des deux mers et qu'on pourrait appeler l'isthme du Languedoc, il entre dans l'océan Atlantique, entre le cap Villano et le cap Ortégal, en rasant le cap qui fait face aux petites îles Sisargas et qui est la pointe de l'Espagne la plus saillante vers le N.-N.-O.

Au delà de l'océan Atlantique, notre *octaédrique*, sur les côtes américaines, passe au point T, situé près de la terminaison N.-O. des îles Lucayes, et, après avoir coupé les plaines basses de la Floride, dont il sort par le cap Romano, et celles de la côte septentrionale du Yucatan, il traverse le Mexique, par l'isthme de Tehuantepec, pour aller passer près de l'entrée de ce port aujourd'hui célèbre, et atteindre le point H qui en est voisin.

Parcourant ensuite toute la largeur de l'océan Pacifique sans y rencontrer aucune terre, il traverse l'une des grandes îles qui com-

posent la Nouvelle-Zélande, Tavaï-Pounammou, en y entrant à la baie Pegasus, au nord de la presqu'île de Banks, et en sortant par le cap situé au sud de la baie Totara.

Plus loin, il rase avec une grande netteté la partie méridionale de la Tasmanie, ou terre de Van-Diemen, dont il coupe seulement les deux caps les plus avancés, le cap sud, à l'entrée du canal d'Entrecasteaux, et le cap sud-ouest, dont il sort pour passer au point H qui en est voisin. Enfin, après avoir rasé à une faible distance le cap Leuvin, angle S.-O. de la Nouvelle-Hollande, il revient, à travers l'océan Indien, à la pointe orientale de l'île de Socotora.

Sauf les parties de l'Arabie dont la topographie n'est pas encore connue, ce grand cercle est jalonné avec une étonnante précision par les accidents orographiques et géologiques. Il est remarquable, en même temps, par la grande étendue des mers et la petite étendue comparative des terres qu'il traverse. Il y a, il est vrai, une assez grande distance de la côte S.-E. de l'Arabie, par laquelle il entre dans l'ancien continent, et l'angle N.-O. de l'Espagne, par lequel il en sort; mais il chemine dans près de la moitié de cet intervalle sur les eaux profondes de la Méditerranée.

Il est curieux en même temps de lui voir lier entre eux les parages des trois isthmes célèbres de Suez, du Languedoc et de Tehuantepec. Une mappemonde dont ce grand cercle formerait l'horizon serait une de celles qui diviseraient le globe de la manière la plus caractérisée.

Un dixième *octaédrique*, celui du *Mulehacen*, a pour pôles le point I, sommet de pentagone, qui tombe dans le golfe du Bengale, et son antipode le point I, situé au sud des îles Galapagos.

Ce grand cercle, après avoir parcouru l'océan Atlantique méridional, aborde le continent de l'Afrique par la côte septentrionale du golfe de Guinée, entre Accra et Coumasie, et, traversant le pays des Ashantis et autres régions peu connues, il va passer au point H

du Sahara, où il entre dans le pentagone européen figuré dans la carte planche V de la *Notice*.

L'*octaédrique* traverse ensuite le Maroc, et, en le traçant sur la belle carte de cet empire publiée par M. E. Renou, on a pu constater qu'il s'y adapte approximativement à beaucoup d'accidents topographiques, tels que les défilés de l'Ouad-Guir, à l'est d'El-Hammad, et, plus au nord, la dépression située entre le massif montagneux du Tafilelt et le Djebel-Antar, le défilé de la Mlouia, à l'ouest de l'Aduare, etc.

Il sort du Maroc pour entrer dans la Méditerranée, en passant au pied occidental du cap Tres-Forcas ou Raz-ud-Deir, promontoire montueux qui forme une des saillies les plus considérables de la côte; puis il rase, à une faible distance vers l'ouest, l'île d'Alboran, formée de roches éruptives, et qui s'élève isolément, au milieu d'eaux très-profondes, en face du détroit de Gibraltar.

Ce même grand cercle aborde l'Espagne par le massif montagneux qui s'élève entre Motril et Adra. Tracé, d'après les chiffres du tableau de la page 1041 de la *Notice*, sur des cartes d'Espagne, et notamment sur la carte géologique d'Espagne de M. Esquerra del Bayo, publiée en 1850, à Stuttgart, par M. Gustave de Léonhard, il traverse la Sierra Nevada de Grenade, entre ses deux cimes principales, le Mulehacen et le Veleta; c'est-à-dire qu'il passe au pied occidental de l'une et au pied oriental de l'autre, et par conséquent vers le milieu de la masse granitique qui a probablement soulevé ces deux masses schisteuses.

Plus loin, il passe au milieu des roches éruptives de Ciudad-Real et de Linares, et il traverse ensuite le massif des montagnes de Guadarama dans son centre, entre le Prado et l'Escurial. Il coupe enfin la chaîne côtière du nord de l'Espagne au point où elle se brise et où elle commence à perdre le caractère pyrénéen, et il pénètre dans le golfe de Gascogne par la côte de la province de Santander, un peu à l'ouest du cap Hoyambre.

Sans se rattacher dans toute la péninsule à aucune crête con-

tinue, son cours y est jalonné par une foule de points remarquables.

Dans l'Océan, notre *octaédrique* laisse à de faibles distances l'extrémité de la chaussée de Sein, prolongation, en partie sous-marine, de la pointe du Raz, et la pointe occidentale de l'île d'Ouessant, qui sont les pointes extrêmes de la Bretagne, et plus loin il rase, en la touchant presque, la pointe occidentale du Cornouailles.

Il aborde ensuite l'Irlande par sa pointe S.-E., en passant entre le massif granitique du cap Carnsore et le Tuscar-Rock, qui s'élève un peu à l'est comme une sentinelle avancée. Passant à quelques kilomètres à l'ouest de Dublin, il sort de l'Irlande, vers le nord, par le promontoire de micaschiste qui se termine à la pointe d'Innishowen-Head, à l'entrée de la lagune appelée Lough-Foyle. Il traverse ce promontoire en suivant la dépression qui sépare les deux montagnes appelées Squires-Carn et Crignamaddy.

Tracé avec exactitude sur la belle carte géologique de l'Irlande publiée par M. Griffith, ce cercle passe par plusieurs points géographiquement et géologiquement remarquables, notamment par la haute montagne granitique, couronnée de roches métamorphiques, de Lugnaquilla, dans le comté de Wiclow. Il est visiblement en rapport avec le contour général que présenterait la côte occidentale de l'Irlande si elle était dépouillée des assises de nouveau grès rouge, de lias, de craie et de trapp qui forment le sol du comté d'Antrim.

Sorti de l'Irlande par la pointe d'Innishowen-Head, notre grand cercle poursuit son cours vers le nord quelques degrés ouest, pour atteindre le point T des Hébrides, en suivant le contour extérieur de l'archipel de ce nom. Construit sur la carte du capitaine Vidal, sur les autres cartes plus récentes de l'*Hydrographical Office* et sur celles du Dépôt de la marine, d'après les chiffres du tableau de la page 1041 de la *Notice*, il laisse un peu à l'ouest le phare de Bara-Head, en rasant l'angle N.-E. de l'île Mingaly; il range les îlots qui s'élèvent en avant de l'île Bara, puis il passe parmi les der-

nières roches qui défendent à l'ouest les côtes de l'île de North-Uist et dans le groupe d'îlots nommé Hiskere Islands.

De là il résulte que la forme polygonale des Hébrides se trouve exactement encadrée, comme on l'a déjà annoncé, par les deux *octaédriques* qui se croisent au point T, situé dans leur voisinage.

Laissant les îles Fœroë à l'est et l'Islande à l'ouest, notre cercle aborde la côte du Groënland par les îles Pendulum, peu éloignées de l'île Shannon, passe au point H du Groënland, laisse le pôle nord à droite, à la distance de 5°19′50″,96, et va aborder la côte de l'Amérique boréale au cap Lisburne, à l'entrée du détroit de Behring.

Il coupe les pointes du cap Lisburne et du cap Hope, en s'adaptant aux accidents du massif montueux qui s'élève dans l'intérieur, et dont il sort par le cap Thompson; puis, au lieu de s'insérer dans le détroit de Behring, qui est un large bras de mer de plus de 90 kilomètres, il laisse à quelques minutes, à l'ouest, la pointe du cap du Prince-de-Galles, terminaison occidentale de l'Amérique, formé par une montagne conique entourée d'un terrain plat peu élevé, et il passe entre les cimes des montagnes assez considérables (de 800^{m}) qui s'élèvent dans l'intérieur et auxquelles se rattache probablement l'existence même du détroit.

Notre octaédrique se conduit ainsi, relativement au détroit de Behring, à peu près de la même manière qu'en Irlande par rapport au canal Saint-Georges, en passant dans les montagnes qui le bordent à une petite distance.

Il sort du massif montagneux attenant au détroit de Behring par le cap York, et bientôt après, dans la mer du Kamstchatka, il rase à l'est l'île King et à l'ouest la pointe orientale de l'île Lawrence. Il sort enfin de cette mer en traversant la chaîne des îles Aleutiennes, à l'inflexion qu'elle présente à l'est de l'île Amlai.

Poursuivant ensuite son cours à quelques degrés à l'ouest du sud, il traverse tout l'océan Pacifique sans rencontrer d'autres terres que l'archipel des îles Viti, aux formes duquel il s'adapte avec une remarquable précision, en coupant l'extrémité occidentale

de l'île Vanoua-Lebou et en rasant les pointes des îles Viti-Lebou et Kandabou.

Plus loin, il rencontre l'île septentrionale de la Nouvelle-Zélande Ika-Na-Mawi, qu'il coupe dans son milieu, en y entrant par le havre de Tauronga, situé au fond de la baie d'Abondance, et dont il sort par le cap appelé Pointe-Obtuse, à l'entrée du détroit de Cook.

Plus loin, il traverse encore la terre Victoria et peut-être d'autres terres polaires antarctiques restées inconnues, et, entrant dans l'océan Atlantique austral, il va atteindre, sans rencontrer aucune autre terre, la côte de la Guinée, où nous avons commencé à le suivre.

L'*octaédrique du Mulehacen* est encore du nombre des cercles dont le cours s'étend en grande partie sur la mer et qui se font remarquer par la petite étendue comparative des terres qu'ils traversent. Pour celui-ci, une partie des terres traversées est peu connue; mais les autres, l'Espagne, l'Irlande, les îles Hébrides, et même une partie du Maroc, le sont assez bien, et, dans ces dernières, le cours de notre cercle est jalonné avec précision par un grand nombre de points caractérisés.

Il jouit, comme l'*octaédrique du mont Sinaï*, de la propriété de diviser la surface du globe d'une manière remarquable. Il ne détache de l'ancien continent qu'une partie relativement peu importante de l'Afrique septentrionale, la moitié environ de l'Espagne et les trois quarts de l'Irlande, et il passe très-sensiblement par le détroit de Behring. De là il résulte qu'une mappemonde dont il formerait l'horizon contiendrait dans un hémisphère l'ancien continent presque entier, et dans l'autre tout le nouveau continent et la presque totalité de l'océan Atlantique.

En résumé, les dix *octaédriques* sont tous très-bien jalonnés par les accidents orographiques et géologiques de l'écorce terrestre, et tous présentent dans leur adaptation aux grandes configurations géographiques des circonstances particulières, mais très-variées et propres à établir entre eux des contrastes prononcés.

Quatre *octaédriques* se font remarquer par la petite étendue comparative des surfaces terrestres qu'ils traversent; leur cours est en très-grande partie sur la surface des mers et même de mers dépourvues d'îles et probablement très-profondes : ce sont les *octaédriques du cap Walsh et des îles Sous-le-Vent, du cap Cod, du mont Sinaï* et *du Mulehacen;* et les deux derniers ont en outre la propriété de diviser le globe en hémisphères remarquables par la simplicité avec laquelle les continents se partagent entre eux.

Trois autres *octaédriques*, ceux *du lac Baïkal et de l'île du Prince-Édouard, des Garrow-Hills* et *de l'île d'Hindoë*, traversent encore beaucoup plus de surfaces maritimes que de surfaces terrestres, mais la disproportion est moins considérable. Ils forment dans l'océan Pacifique un triangle dont les trois sommets sont le point H au S.-O. de San-Francisco, le point H au N.-E. de Waihou et le point T au nord des îles Marquises. Ce triangle ne renferme pas d'autres terres que les petites îles Copper et Henderson, perdues dans le N.-E. de l'océan Pacifique, ce qui pourrait faire supposer qu'il recouvre des eaux très-profondes.

Enfin, dans les trois derniers *octaédriques*, celui *de Nijney-Tagilsk*, celui *de l'île Trinidad* et celui *de Cochabamba et du golfe de Pechely*, la proportion des surfaces terrestres et des surfaces maritimes traversées se rapproche de l'égalité ; plus du tiers de la circonférence de chacun d'eux se trouve sur des terres émergées. Le dernier de ces trois cercles forme en quelque sorte l'axe longitudinal du nouveau continent; les deux autres ont, sur le sol de l'ancien continent, des arcs d'une très-grande longueur.

Il est à remarquer que ces derniers passent l'un et l'autre au point H, situé au pied oriental de l'Ural, où passent aussi les deux *dodécaédriques réguliers* qui se distinguent de même par la grande longueur de leurs arcs terrestres, circonstance qui signale le point H de l'Ural comme occupant dans l'ensemble des terres émergées une sorte de position centrale, qui rivalise avec celle du point D près de Remda, en Saxe.

Les *octaédriques du mont Sinaï* et *du Mulehacen*, dont nous avons remarqué la propriété de donner des hémisphères remarquables caractérisés, se croisent au point T, situé en Espagne, au nord-ouest de Burgos. De ce point, l'un va passer à portée des trois *isthmes* remarquables de *Tehuantepec*, du *Languedoc* et de *Suez*, tandis que l'autre va passer au détroit de Behring, qui pourrait être considéré comme le détroit le plus important du globe, puisqu'il sépare les deux continents. Cette double circonstance donne au point T de l'Espagne une importance particulière, et peut le faire considérer aussi comme occupant une sorte de position centrale.

Et ces trois points H, D et T sont placés sur un même *grand cercle primitif* qui forme l'axe de l'Europe considérée comme une pointe de l'Asie s'avançant entre l'Océan et la Méditerranée.

En général, les conditions que nous présentent les dix *octaédriques* ressemblent à celles que nous ont déjà présentées les six *dodécaédriques réguliers*, mais elles sont cependant moins fortement accusées.

Les *dodécaédriques réguliers*, par cela même qu'ils sont au nombre de six seulement, sont comme les *princes de la symétrie pentagonale*, et les grandes positions leur sont naturellement échues.

L'étude du rôle orographique et géologique des quinze *grands cercles primitifs* va confirmer et développer ces remarques.

LES QUINZE GRANDS CERCLES PRIMITIFS.

Les quinze *grands cercles primitifs* du réseau pentagonal peuvent, relativement au pentagone européen, se diviser en trois séries : cinq d'entre eux ont pour pôles les cinq points H qui occupent les milieux des côtés du pentagone européen, et ils restent constamment éloignés de ce pentagone; cinq autres passent par ces mêmes points H en formant les côtés du pentagone; enfin les cinq derniers passent encore à ces mêmes points H, en se dirigeant vers le centre du même pentagone.

Je commence par la première série.

Un premier *grand cercle primitif* a pour pôles le point H, qui tombe sur le contour du pentagone européen, dans le Groënland, et son antipode situé dans la zone glaciale antarctique, au S.-O. de la terre Victoria.

Ce grand cercle, désigné sous le nom de *primitif équatorial*, aborde la côte de l'Amérique méridionale par la pointe Aguja, traverse les Andes près de Mecuipampa, puis les plaines de l'Amazone, en coupant ses principaux affluents près de leurs confluents et de leurs inflexions, et sort de la côte du Brésil par l'embouchure du Rio San-Francisco, où tombe un point *b*, ainsi qu'on l'a déjà vu.

Le *primitif* coupe ensuite l'océan Atlantique dans une partie dépourvue d'îles, aborde l'Afrique un peu au nord de Loanda pour en sortir un peu au sud de Melinde, après avoir traversé le plateau de Dembo et d'autres régions peu connues.

Notre cercle traverse ensuite tout l'océan Indien sans rencontrer d'autres terres que l'extrémité méridionale de la chaîne des îles Maldives, puis il rase près d'Achem la pointe nord de l'île de Sumatra, et, après avoir coupé la presqu'île de Malacca et les îles Philippines, où il rase la pointe nord de l'île de Mindanao, il longe au nord l'archipel des îles Carolines et va rejoindre, sans rencontrer aucune terre, la côte de l'Amérique méridionale.

Ce grand cercle est remarquable par la très-petite étendue de terres émergées qu'il traverse, et par la manière dont il divise le globe en deux hémisphères extrêmement inégaux par la quantité des terres qu'ils renferment.

On a remarqué maintes fois que les deux hémisphères déterminés par l'équateur sont déjà très-inégaux sous ce rapport, l'hémisphère austral renfermant beaucoup moins de terres que l'hémisphère boréal. Dans les deux hémisphères déterminés par le *primitif équatorial*, la disproportion est plus grande encore à cause de la latitude plus méridionale dans laquelle il coupe l'Amérique et l'Afrique.

Un deuxième *grand cercle primitif*, celui *de la Floride et de la terre d'Arnhem*, a pour pôles le point H, qui tombe sur le contour du

pentagone européen, au pied oriental de l'Ural, et son antipode situé dans l'océan Pacifique, à l'ouest du Chili.

Ce grand cercle aborde l'Afrique australe par le port Natal et en sort par la baie Wolwich, puis il traverse tout l'océan Atlantique sans rencontrer aucune terre et en passant au point T, situé à l'extrémité nord-ouest des îles Lucayes.

En Amérique, il traverse les plaines de la Floride et de la Louisiane, en rasant à Saint-Marc la côte du golfe du Mexique et en coupant le Mississipi à l'embouchure de la rivière Rouge, près de Natchez, localité célèbre par la fréquence des tremblements de terre. Plus loin, il traverse le nouveau Mexique, et il sort du continent par la côte de la Californie.

Dans l'océan Pacifique, il rencontre l'île Necker, au N.-O. des îles Sandwich, et plus loin il longe l'extrémité S.-E. de l'archipel des Carolines, en passant à l'île Oualan.

Au delà de l'équateur, il coupe l'extrémité occidentale de la Nouvelle-Irlande, passe à l'île Sandwich et à l'île longue, et aborde la Nouvelle-Guinée par le cap qui correspond à l'extrémité occidentale des montagnes que nos marins ont appelées Monts du Finistère. Passant au point H déjà cité plusieurs fois, il sort de la Nouvelle-Guinée par un point non relevé encore de la côte du détroit de Torres.

Notre *primitif* aborde ensuite la terre d'Arnhem, avec une remarquable précision, par le cap Wilberforce, qui en forme l'angle N.-E., suit intérieurement la côte N.-O. de la Nouvelle-Hollande, et en sort approximativement par l'une des saillies principales de la terre d'Endracht, le cap Cuvier, après quoi il va rejoindre le port Natal, à travers l'océan Indien.

Ce grand cercle est remarquable, comme le précédent, par la petite étendue des terres qu'il traverse.

Un troisième *grand cercle primitif*, celui *du lac Supérieur et du cap San-Thomé*, a pour pôles le point H, qui tombe au N.-O. de Médine, et son antipode situé dans l'océan Pacifique, près des îles Bass.

Ce grand cercle aborde la côte S.-E. du Brésil par le cap San-Thomé, cap élevé, formé de roches granitiques, en avant duquel notre cercle passe à l'emplacement d'une vigie que certaines cartes marquent à 140 lieues marines au large. Dans l'intérieur du Brésil, il traverse les régions aurifères et diamantifères de Minas-Geraes, et passe à un point I qui tombe dans la vallée du Rio-Tocantins. Il la suit à une faible distance, sur une assez grande longueur, et se montre en harmonie avec les formes topographiques, les coudes et les confluents des rivières. Il sort du continent de l'Amérique du Sud par la côte de la Guyane, près de l'embouchure de la rivière de Surinam, et rase ensuite extérieurement la chaîne des petites Antilles, en passant à vingt minutes environ de l'île Barbouda.

Il aborde la côte des États-Unis par la pointe qui ferme à l'ouest la baie de Delawarre, coupe l'extrémité de la baie de Chesapeake, et dans l'intérieur la pointe orientale du lac Erié, rase la pointe occidentale du lac Ontario et traverse le lac Huron en longeant à une petite distance la langue de terre qui en sépare la baie Géorgienne, ainsi que l'île Manitouline. Dans cet intervalle, d'après la remarque de M. de Chancourtois[1], il passe à proximité de la région des sources de pétrole de la Pensylvanie et du Canada parallèlement à leurs alignements. Plus loin, il rase la côte N.-E. du lac Supérieur, dans une baie duquel il pénètre par le cap Gargantua, pour arriver au point H, situé sur le rivage septentrional de cette mer d'eau douce.

Poursuivant son cours à travers toute l'Amérique septentrionale, il s'adapte à l'extrémité méridionale du lac de l'Esclave et au cours de la rivière de Mackenzie, qui en reçoit les eaux, et il sort du continent au sud du détroit de Behring, par le cap Romanzoff.

Dans la mer du Kamtschatka, il traverse l'île Gore, et il sort de cette mer par l'ouverture à laquelle se termine vers l'ouest la chaîne des îles Aleutiennes.

[1] *Comptes rendus*, t. LVII, p. 421, séance du 24 août 1863.

Dans l'océan Pacifique, il passe à l'île Moor, puis au point H situé à l'extrémité du petit archipel des îles Bonin-Sima. Dans tout l'intervalle depuis le cap Romanzoff jusqu'à ce point, il est très-sensiblement parallèle au contour extérieur des terres asiatiques.

Il touche ensuite à l'île de Soufre, et, après avoir rasé l'île Morty, il traverse l'île de Gilolo, en passant au point de concours des ramifications qui la composent, point qui se trouve déjà sur le *dodécaédrique régulier du Sénégal et de la Nouvelle-Guinée*, et qui est un des points *b* du réseau pentagonal.

Plus loin, notre cercle traverse les îles Moluques en suivant le canal qui lui permet de raser de part et d'autre à une petite distance les îles Bourou et Xula-Bessy, puis la chaîne des îles de la Sonde, en passant de même entre Lemblen et Solor.

Il coupe enfin la terre d'Endracht, angle N.-O. de la Nouvelle-Hollande, en s'adaptant aux îles Legendre; puis il parcourt, sans rencontrer aucune terre, tout le grand océan Austral, pour aller passer, comme on l'a déjà vu, au cap San-Thomé, sur la côte du Brésil.

Ce grand cercle traverse une plus grande étendue de terres que les précédents, quoiqu'elles n'occupent encore qu'une faible partie de sa circonférence, et il est remarquable par son adaptation à certaines formes géographiques et par la manière dont il est jalonné ou accompagné par certains gîtes minéraux ou par d'autres points caractérisés.

Un quatrième *grand cercle primitif*, celui *des montagnes Rocheuses et des îles Galapagos*, a pour pôles le point H, qui tombe dans le grand désert de Sahara, et son antipode situé dans l'océan Pacifique, près des îles Viti.

Ce grand cercle aborde l'Amérique méridionale par la baie Desvelos, au sud du cap Blanco, traverse les plaines de la Patagonie, pour aller couper les Andes du Chili, par les volcans de Llebcan et de Quellaype, passe au point D, centre de pentagone, qui tombe sur le territoire du Chili, près de Valdivia, et entre ensuite dans

l'océan Pacifique par le cap situé au sud de la baie de Chauchan, en suivant une direction parallèle à celle de la crête montagneuse de l'île de la Mocha, qu'il laisse un peu à l'ouest.

En traversant l'océan Pacifique, où il forme la corde d'une partie des contours des côtes américaines, il rase tout l'archipel des îles Galapagos, en passant au volcan de Narborough, qui est le point caractéristique de ce groupe volcanique.

Il sort de l'océan Pacifique en passant au point H, situé près de Tehuantepec, et aborde, par le port Galera, la saillie que présente la côte du Mexique entre Tehuantepec et Acapulco.

Plus loin, il rencontre la ville de Mexico, et, après s'être adapté à un tronçon considérable de la vallée du Rio del Norte, il suit sur une longueur beaucoup plus grande encore la direction générale des montagnes Rocheuses; il sort enfin du continent américain par le cap Glacé, situé au N. du détroit de Behring.

Franchissant ensuite la pointe méridionale de la mer Glaciale, notre *primitif* traverse la Sibérie orientale en s'adaptant à plusieurs de ses traits géographiques, notamment à la longue vallée de l'Amga, affluent de la Lena. En Chine, il passe au point D, centre de pentagone, situé dans l'Ortous, sur les bords du Hwang-ho ou fleuve Jaune, au cours duquel, d'après la carte de M. Édouard Biot, il paraît s'adapter assez exactement sur une longueur de près de cent lieues, et il quitte finalement le continent asiatique par la saillie que présente la côte de l'empire des Birmans, à l'embouchure de l'Irawaddy.

Pour sortir du golfe de Martaban, il rase au sud l'île du Petit-Adaman, la plus méridionale du groupe des Adamans, et dans l'océan Indien il passe à l'île Saint-Paul, cratère volcanique qui, accompagné de la petite île Amsterdam, s'élève solitairement au milieu de ces vastes mers. Il va ensuite, sans toucher aucune nouvelle terre, aborder comme on l'a déjà vu les côtes de la Patagonie.

A l'encontre des *primitifs* précédents, ce grand cercle présente

un arc terrestre à peu près continu, d'une très-grande étendue (plus de 150°, ou 2/5 de sa circonférence), depuis son entrée dans le Mexique jusqu'à sa sortie du delta de l'Irawaddy. Il s'adapte en même temps à plusieurs traits géographiques importants, et il est jalonné par plusieurs points remarquables, le *volcan de Narborough*, la *ville de Mexico*, l'*île Saint-Paul*.

Un cinquième *grand cercle primitif*, celui *du cap Castle* ou *Paternoster*, a pour pôles le point H, qui tombe dans l'océan Atlantique au N.-O. des Açores, et son antipode situé près de l'angle S.-O. de la terre de Van-Diemen.

Ce grand cercle aborde l'Amérique méridionale par la côte du Chili, passe au point D, centre de pentagone, situé près de Valdivia, et, après avoir franchi la chaîne des Andes et les plaines de la Patagonie, il sort du continent américain par la remarqnable presqu'île de Saint-Joseph.

Traversant ensuite l'océan Atlantique méridional, il aborde l'Afrique au nord du cap de Bonne-Espérance, par le cap Castle ou Paternoster, à l'entrée de la baie de Sainte-Hélène, cap granitique dont il rase la pointe de très-près. Puis, après avoir traversé l'intérieur de la colonie du Cap et le pays des Hottentots, il atteint à Sofala la côte du canal de Mozambique, qu'il suit avec une remarquable précision sur une longueur de plus de cent lieues.

Dans le canal de Mozambique, il traverse l'archipel des Comores en touchant l'île Comore, et, après avoir traversé l'océan Indien, il aborde la côte de Malabar par le havre de Bankote, au sud de Bombay.

Tracé sur la carte géologique de M. Greenough, notre *grand cercle primitif* entre sur le plateau trappéen du Deccan par les anfractuosités des Ghauts situées à l'O. de Poonah. Sur la surface monotone de ce plateau, il rencontre, au sud de Dawtutabad, une roche pointue de 500 pieds de hauteur (peut-être un dyke), que M. Greenough a trouvée assez remarquable pour la signaler par une note gravée sur sa carte; plus loin, au sud d'Ellora, localité célèbre

par ses antiquités indiennes, il rase le pied d'une protubérance de granite en forme de ruche d'abeilles, qui s'élève au milieu des trapps et que M. Greenough signale également.

Ensuite il traverse, dans l'un de ses coudes, la chaîne trappéenne de l'Ajunta-Range, et arrive bientôt au point H situé dans l'angle formé par les rivières Tapty et Poorna. Plus loin, il sort de la région trappéenne par l'extrémité du Calabheat-Range, et, après avoir traversé une région accidentée de grès et de calcaires dont les configurations s'harmonisent avec son cours, il franchit le Gange à Allahabad, près de son confluent avec la Jumna.

Bientôt après il aborde l'Himalaya par la vallée du Gunga et rencontre presque exactement l'axe de la majestueuse montagne de Gossam-than, élevée de 24,700 pieds anglais (7,529 mètres).

Traversant d'abord le Thibet, il va passer en Chine au lac Sihai, puis au point D, centre de pentagone, situé dans l'Ortous, et poursuit son cours à travers la Mantchourie.

Après avoir coupé l'île Saghalien au point du croisement des accidents orographiques de sa partie méridionale, il traverse la chaîne des îles Kuriles par les îlots de Tschirpoi, entre Ouroup et Simusir ou Marekan, et parcourt ensuite l'océan Pacifique tout entier, sans y rencontrer aucune terre, pour aller aborder la côte du Chili, où nous avons commencé à le suivre.

Ce grand cercle contient trois arcs terrestres, dont deux sont assez courts, et leur somme n'occupe, dans son développement total, qu'une médiocre étendue; une partie des terres qu'il traverse est très-peu connue, mais il n'en rencontre pas moins un certain nombre de repères très-précis.

Le *cinq grands cercles primitifs* que nous venons de parcourir se tiennent constamment éloignés de l'Europe. Nous allons nous occuper maintenant des *cinq grands cercles primitifs* auxquels appartiennent les cinq côtés du pentagone européen figuré sur la carte planche V de la *Notice*.

Un sixième *grand cercle primitif*, celui *du Groënland et du Chili*,

le premier des cinq que nous allons maintenant examiner, a pour pôles le point H, qui tombe dans l'Afrique méridionale près du plateau de Dembo, et son antipode situé dans l'océan Pacifique, au sud des îles Sandwich.

Ce *grand cercle primitif* aborde l'Amérique méridionale au nord de l'entrée du détroit de Magellan, par l'île de Monte-Corso, la plus septentrionale de l'archipel de la Madre-de-Dios, et il suit les îles nombreuses qui bordent la côte et dont la dernière est l'île de Chiloë, d'où il entre sur le continent, pour passer au point D, centre de pentagone, qui tombe dans le Chili, près de Valdivia.

Plus au nord, il rencontre de nouveau la côte, là où elle devient à peu près rectiligne dans son ensemble, et la suit avec une étonnante précision jusque vers la latitude d'Arica. Ensuite, sur le grand plateau bolivien, il coupe le lac de Titicaca, en s'adaptant à la pointe qui le divise en deux parties.

Après avoir passé au point H, situé à l'E. des Andes, près du Rio Beni, il traverse le bassin de l'Amazone et passe à l'O. de la Guyane, dans la Sierra de la Parime, en côtoyant à une faible distance une partie du cours da l'Orénoque; puis il sort du continent à quelques minutes seulement à l'O. du cap Codera, en touchant l'île Orchila et une vigie placée plus au nord.

Le *grand cercle primitif* franchit ensuite la mer des Antilles, dont il sort en rasant à l'est les derniers îlots qui font suite à l'île de Porto-Rico. Poursuivant son cours à travers l'Océan Atlantique, il va raser aussi, à une petite distance, la pointe orientale de la Nouvelle Écosse, puis il coupe une partie de l'île du Cap-Breton, suit avec une étonnante précision la côte de sa prolongation septentrionale, et passe enfin à une très-faible distance de la petite île Saint-Paul.

Traversant le Labrador, où il entre par l'île Little Mecattina, et d'où il sort par le cap Webuck, il va passer au point I situé dans le détroit de Davis, à partir duquel il appartient aux contours du pentagone européen jusqu'au point I situé au N.-E. de

la Nouvelle-Zemble. Dans l'intervalle de ces deux points I, il ne traverse que le Groënland et des régions glacées où on ne peut le suivre.

Pénétrant ensuite dans le continent de l'Asie un peu à l'E. de l'embouchure du Jenisseï, il parcourt la Sibérie en s'adaptant sur une assez grande longueur à la vallée de l'Angara, et il en sort par les environs d'Irkutsk en coupant l'extrémité occidentale du lac Baïkal. Son prolongement dans l'empire chinois, où il passe au point D, centre de pentagone, est dans un rapport étonnamment précis avec les principaux traits géographiques de la contrée, tels qu'ils sont figurés sur la carte publiée par M. Édouard Biot. Il en sort en passant, vers l'entrée du golfe de Tonquin, à la pointe de la presqu'île de Loit-cheoo et au cap qui lui répond dans l'île Haynan, dont il sort par la petite île adjacente à la pointe Lieong-Soy.

Au delà de la mer de la Chine, où il passe au point H déjà cité, notre *primitif* traverse l'île de Bornéo, en passant à l'extrémité occidentale de la chaîne volcanique du N.-O., et plus loin il coupe les îles de Madura et de Java près des volcans de Tachem et de Talaga-Vurung. Il pénètre ensuite dans la Nouvelle-Hollande, dont il côtoie intérieurement la côte occidentale. Il traverse enfin l'océan Austral pour arriver à l'entrée du détroit de Magellan, où nous avons commencé à le suivre.

Ce grand cercle est un de ceux dont l'adaptation aux formes géographiques, surtout à celles du nouveau continent, est la plus propre à frapper à première vue, et il a été le premier guide de M. Élie de Beaumont pour trouver la position qu'il a assignée au réseau pentagonal. Il est aussi du nombre des cercles qui rencontrent une assez grande étendue de terres, qu'on ne peut cependant assigner avec précision, à cause de l'incertitude où l'on est de savoir si l'arc de plus de 30° qui s'adapte à la côte occidentale du Chili doit être compté comme terrestre ou comme marin : une incertitude analogue s'attache, pour une autre cause, à l'arc de plus de 20° qui s'étend du Groënland à la Sibérie en traversant les glaces

polaires. Ce cercle rencontre d'ailleurs beaucoup de repères très-précis.

Un septième *grand cercle primitif*, celui *du mont Saint-Élie*, a pour pôles le point H, qui tombe dans l'océan Atlantique au S.-O. des îles du Cap-Vert, et son antipode situé dans la Nouvelle-Guinée.

Ce *grand cercle primitif* aborde la côte de l'Amérique septentrionale par la baie de Behring, et rase le pied oriental de la grande montagne volcanique appelée le Mont Saint-Élie, avant d'atteindre le point D, centre de pentagone, qui tombe dans la ci-devant Amérique russe, sur les bords de la rivière Youcou. Il entre dans la mer Glaciale par le cap Anxiety, et il en sort par le point I situé près de l'extrémité de la Nouvelle-Zemble. Là il commence à faire partie des contours du pentagone européen, auquel il appartient jusqu'au point I situé en Perse près de Mesched.

Dans cet intervalle il pénètre en Sibérie en coupant la pointe qui ferme à l'est le golfe de l'Obi. Il suit la vallée de ce grand fleuve et celle de son affluent, la rivière de Tobolsk, jusque dans les steppes des Kirghis, en côtoyant, mais à distance et un peu obliquement, le pied oriental de l'Ural. Construit sur la belle carte géologique de cette chaîne, publiée par sir Roderick Murchison, il représente assez exactement la direction fondamentale des roches anciennes qui constituent la base de son versant asiatique.

Plus au sud, il s'adapte à la côte orientale du lac Aral, et, plus loin encore, aux accidents des contours de l'entrée du golfe Persique, et il sort de la côte S.-E. de l'Arabie par le cap Madrake.

Dans l'océan Indien, il passe très-près de l'île Juan-de-Nova, et côtoie ensuite à un ou deux degrés de distance toute la côte orientale de l'île de Madagascar, pour aller enfin rencontrer la petite île Caverne, du groupe des îles Marion et Crozet, perdu dans la vaste étendue du grand océan Austral. Parcourant ensuite cet océan et l'océan Pacifique, il va gagner la baie de Behring en laissant à l'ouest l'île Ducie, déjà citée comme l'extrémité des archipels polynésiens, et passant très-près de l'île Henderson.

Ce grand cercle ne traverse qu'une étendue comparativement assez restreinte de surfaces terrestres, et presque uniquement des régions peu connues; il s'adapte cependant à plusieurs repères assez précis (lac Aral, golfe Persique, île Caverne).

Un huitième *grand cercle primitif*, celui *de Valdivia et des cataractes du Nil*, a pour pôles le point H, qui tombe sur les rives septentrionales du lac Supérieur, et son antipode situé dans l'océan Indien, au S.-O. de la Nouvelle-Hollande.

Ce *grand cercle primitif* aborde la côte du Chili très-près du port de Valdivia. Il traverse ensuite la Cordillère chilienne et les plaines des Pampas, pour entrer dans l'océan Atlantique méridional, au midi de la vaste embouchure du Rio de la Plata, en passant approximativement au cap Saint-Antoine.

Il aborde la côte d'Afrique au fond du golfe de Guinée, sur la lisière S.-O. du delta du Niger, et traverse les régions peu connues de l'intérieur de l'Afrique, en passant au point I, voisin du lac Tchad, où il commence à faire partie des contours du pentagone européen.

Ainsi qu'on peut le voir sur la carte planche V de la *Notice*, il suit en Nubie, à une faible distance, un long segment du cours du Nil, et, tracé sur la carte géologique de cette contrée publiée par M. Russegger, il représente l'une des grandes directions géologiques qui s'y dessinent, les deux autres étant figurées par deux auxiliaires I*cb*, homologues l'un de l'autre, qui le coupent en un même point en donnant lieu à une combinaison curieuse signalée dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 1150. Cette intersection triple tombe dans la vallée même du Nil près de T. Decke, et, un peu plus loin, le *primitif* coupe le grand fleuve à Girsche, c'est-à-dire à l'entrée du long défilé creusé d'abord dans le terrain crétacé inférieur et ensuite dans les roches granitiques qui s'étendent jusqu'à la grande cataracte d'Assuan ou de Syène.

Notre grand cercle traverse ensuite la mer Rouge, où il entre en passant approximativement au Djebel Olak, montagne des Émeraudes, et au cap Ras-Oomul Abbas, et d'où il sort en passant un

peu au S. de l'île Mushabeah, et il rencontre le point H situé au N.-O. de Médine (mais il ne passe pas à Médine, comme on l'a imprimé par erreur).

Au delà des déserts de l'Arabie, il traverse la Mésopotamie, où il coupe l'Euphrate et le Tigre un peu au-dessus de leur confluent, puis la Perse, où il passe à peu de distance des villes de Christen et d'Ispahan, qu'il laisse l'une au nord, l'autre au sud. Il arrive enfin au point I situé près de Mesched, ville près de laquelle se trouve, comme on sait, le gisement principal des turquoises. Là il cesse d'appartenir au pentagone européen.

Dans la Grande-Boukharie il passe près de Samarkande; dans la Petite-Boukharie, à Kachgar, et il suit à peu près les cours d'eau que les cartes dessinent dans ces contrées.

Après avoir atteint le point D, centre de pentagone, qui tombe en Chine dans l'Ortous, il sort de l'Empire Céleste en s'adaptant aux accidents des contours du golfe de Petchely et de la mer Jaune avec non moins de précision que l'octaédrique de Cochabamba et du golfe de Petchely, qu'il y coupe en un point *a*.

Traversant ensuite la pointe méridionale de la Corée, notre *grand cercle primitif* aborde le Japon, en coupant le détroit de Corée par l'île Tsou-Siuna, au milieu des îlots qui en obstruent la partie la plus étroite. Il coupe aussi les pointes septentrionales de l'île Kiukiu, traverse l'île Sikokf, et, après avoir laissé au nord à une faible distance la petite île Penafidin, il va passer au point H situé au N. des îles Bonin-Snia.

Poursuivant son cours dans l'océan Pacifique, sans y faire aucune rencontre importante, il va enfin aborder la côte du Chili, où nous avons commencé à le suivre.

Ce *grand cercle primitif* contient un arc terrestre très-étendu, depuis le golfe de Guinée jusqu'au Japon. Une grande partie des contrées qu'il traverse sont peu connues quant à leur topographie, mais, dans celles qui ont été mieux explorées, il s'adapte avec beaucoup de précision à des accidents géographiques bien définis.

Un neuvième *grand cercle primitif*, celui *de l'île de Cuba et du cap Sandy*, a pour pôles le point H, qui tombe dans la Sibérie orientale, et son antipode situé dans l'océan Atlantique méridional, au S.-O. des Nouvelles-Orcades.

Ce *grand cercle primitif* passe au point H situé dans l'océan Pacifique, près de Tehuantepec, et coupe le grand isthme de l'Amérique centrale en passant dans la partie méridionale du Yucatan, d'où il sort par le port de Belize, en effleurant l'île de Turneffe. Dans les Antilles, il passe entre les récifs Mysteriosa et Viciosas, rase avec précision les îlots du Grand et du Petit-Caïman et aborde l'île de Cuba par la baie d'Esperanza, pour en sortir par celle qui lui correspond sur la côte opposée. Il coupe ainsi l'île de Cuba dans l'étranglement qu'elle présente au N. des montagnes cuprifères de Santiago, en s'identifiant avec l'une des directions qui s'y dessinent. Il traverse ensuite les îles Lucayes en s'adaptant avec une étonnante précision aux petites îles Caïcos, qui, avec les Caïmans déjà cités, dessinent un alignement bien défini de plus de deux cents lieues de longueur.

Ce *grand cercle primitif*, qui, dans l'île même de Cuba, coupe perpendiculairement l'*octaédrique de Cochabamba et du golfe de Petchely* en un point *a*, et qui représente très-naturellement l'un des systèmes stratigraphiques de l'archipel des Antilles, appartient aux contours du pentagone européen depuis le point I situé au S.-O. des îles Canaries jusqu'au point I situé près du lac Tchad. Il traverse l'Afrique dans sa plus grande largeur, mais en même temps dans des parties où la topographie est peu ou point connue.

Il parcourt ensuite tout l'océan Indien, en passant au milieu de l'archipel Éthiopien, où il rencontre quelques îlots ou récifs peu caractérisés; mais, avant d'aborder la Nouvelle-Hollande, il coupe le groupe des rochers Tryal, dont l'isolement est un des faits curieux de ces mers.

Il entre dans la Nouvelle-Hollande par la terre d'Endracht, pour passer au point D qui y tombe, et, après avoir traversé ce con-

tinent par son centre encore peu connu, il en sort par la base du cap Sandy, qui est un des points remarquables de sa côte orientale. Il parcourt ensuite tout l'océan Pacifique, pour atteindre le point H de Tehuantepec, où nous avons commencé à le suivre, en laissant au nord la Nouvelle-Calédonie et en traversant les archipels polynésiens, où il ne rencontre que le petit groupe de Vavoa et la petite île Sowarov.

Ce *grand cercle primitif* présente une assez forte somme d'arcs terrestres situés presque exclusivement dans des contrées peu connues; mais, dans les parages de Cuba, dans les rochers Tryal et au cap Sandy, il se trouve jalonné d'une manière remarquable.

Un *dixième grand cercle primitif*, celui *de la presqu'île Alaska et de la terre de Van-Diemen*, a pour pôles le point H, qui tombe dans l'Inde près des rives du Tapty, et son antipode situé dans l'océan Pacifique, au N.-N.-E. de la petite île Salas y Gomez.

Ce grand cercle passe au point I situé dans l'océan Atlantique, au S.-O. des îles Canaries, et au point I situé dans le détroit de Davis, et dans l'intervalle de ces deux points il fait partie du contour du pentagone européen.

Il sort du détroit de Davis en pénétrant dans l'entrée du Forbisher, dont il suit la direction, et, parcourant des terres et des bras de mer dont les contours ne sont pas complétement connus, il arrive au point T, situé dans la partie méridionale de l'île Victoria. Passant ensuite approximativement au cap Krusenstern, il traverse la ci-devant Amérique russe, où il rencontre un point D, centre de pentagone, et, après avoir rasé l'extrémité de l'entrée de William et l'entrée de Cook, il s'adapte, sur une longueur de près de cent lieues, à la côte S.-E. de la presqu'île Alaska, dont il ne s'écarte que pour aborder l'île Schoumagins, par laquelle il pénètre dans l'océan Pacifique.

Dans ce vaste océan, notre cercle rencontre seulement l'écueil Wake et quelques îlots ou récifs de l'archipel des îles Marshal, et il coupe la pointe extrême du cap Surville, extrémité orientale

de l'île de Saint-Christoval, qui termine au S.-E. l'archipel de Salomon.

Parcourant ensuite les récifs de la mer de Corail, il va raser avec beaucoup de précision la côte S.-E. de la Nouvelle-Hollande, à laquelle il s'adapte sur une longueur d'environ cent cinquante lieues, depuis le port Macquarie jusqu'au cap Howe, dont il coupe la pointe. Plus loin, il entre dans le détroit de Bass, où il rase la pointe N. de l'île Grande et pénètre dans la Tasmanie ou terre de Van-Diemen par le port de Dalrymple et George-Town. Il sort enfin de cette grande île par le cap Rocky, pour passer au point H, qui tombe près de son angle S.-O. et dont il a déjà été question plus d'une fois.

A partir de la Tasmanie, notre grand cercle parcourt l'océan Austral et l'océan Atlantique jusqu'à l'entrée du Forbisher, sur une longueur de plus de 200 degrés, sans rencontrer aucune autre terre que la terre d'Enderby, mais en laissant à une petite distance à l'est l'île de Sainte-Hélène, l'île de Saint-Matthieu, le cap Rouge, le cap Vert et l'île de Flores, la plus occidentale des Açores.

Ce *grand cercle primitif*, qui se trouve très-nettement déterminé par son adaptation à certaines côtes rectilignes et par la rencontre de plusieurs points isolés, est particulièrement remarquable par la très-petite étendue des terres qu'il traverse. Il l'est aussi par la manière dont il divise la surface du globe en deux hémisphères, dont l'un renferme tout l'ancien continent, et l'autre le nouveau continent, à l'exception des terres polaires et d'un segment de l'Amérique russe.

Parmi les quinze grands cercles primitifs, il nous en reste encore cinq à étudier; ce sont ceux qui se croisent au point D, centre du pentagone européen, situé près de Remda en Saxe.

Un onzième *grand cercle primitif*, celui *de l'Etna*, le premier des cinq dont nous allons encore suivre le cours, a pour pôles le point H, qui tombe dans la mer de la Chine, et son antipode situé au pied oriental des Andes, dans les plaines de Rio-Beni.

Ce grand cercle aborde le continent de l'Afrique par la côte S.-E. de la colonie du Cap, en passant approximativement au cap Cave-Rock. Il parcourt toute l'Afrique australe, en passant au point I de la Cafrerie, au point H du Congo, situé près du plateau de Dembo et de la région des grands lacs récemment découverts, et au point I situé près du lac Tchad. Après avoir traversé le Fezzan, il entre dans la Méditerranée par le golfe de la Syrte.

Il aborde ensuite la Sicile près du cap di Loguina, au sud de Syracuse, rencontre approximativement la ville de Catane et passe par l'axe de l'Etna. Tracé sur la carte géologique de l'Italie par M. H. de Collegno, il traverse les îles Éoliennes entre Vulcano et Lipari, d'un côté, et Salina, de l'autre, en laissant Stromboli à environ 35 kilomètres à l'est. Il coupe en Italie la presqu'île de Sorente par la pointe di Montalto, passe au pied occidental du Vésuve, entre Naples et Portici, traverse les Abruzzes en laissant à l'ouest, à 28 kilomètres de distance, le lac Fucino ainsi que le Gran-Sasso d'Italia, et entre enfin dans l'Adriatique en rasant à l'est le petit massif jurassique auquel la ville d'Ancône est adossée du côté opposé, et qui forme l'un des accidents les plus remarquables de la côte italienne.

Plus loin, il franchit les Alpes, sur les confins du Tyrol et de la Carinthie, entre le Drei-Herren-Spitz et le Gross-Glocker, puis il coupe le Danube au confluent de l'Altmühl, près de Kelhem, et suit dans sa longueur le plateau calcaire de la Bavière et de la Franconie. Coupant ensuite les terrains schisteux du Frankenwald, par Græfenthal, il atteint, près de Remda, dans le grand-duché de Saxe-Weimar, le point D, centre du pentagone européen.

En poursuivant son cours vers le nord, il coupe le Hartz à peu près par le milieu, entre la Rosstrappe et le Brocken, traverse la banlieue de Hambourg, un peu à l'E. de la ville, et suit dans sa longueur la presqu'île du Jutland, où il coupe, près de Flensburg, les protubérances de craie qui en forment comme le noyau. Il va traverser ensuite la région montagneuse occidentale de la Norwége,

dont il sort précisément par l'angle obtus formé par la rencontre de la côte voisine de Bergen, qui se dirige au N., et de la côte voisine de Christiansand, qui se dirige au S.-O.

Dans les régions glaciales, il passe au point H du Groënland, et il aborde la côte septentrionale du continent américain à l'O. de la rivière Mackenzie, en passant entre l'île Garry et la base du mont Fitton. Après avoir traversé le point D, centre du pentagone de l'Amérique russe, il sort du continent vers le S. en rasant la pointe orientale de l'île Kaye.

Dans l'océan Pacifique, il passe par l'axe du Mouna-Roa, dans l'île d'Hawaï, mais il ne rencontre aucune autre île.

Dans les régions polaires antarctiques, il coupe la terre Victoria au voisinage du mont Érèbe, volcan que sir James Ross a trouvé en éruption. Il sort ensuite des terres australes par la terre d'Enderby, et va joindre la côte méridionale de l'Afrique, où nous avons commencé à le suivre.

Ce grand cercle est assujetti, en principe, ainsi qu'on l'a déjà vu, à passer à l'Etna et au Mouna-Roa, et il passe en même temps par plusieurs autres points remarquables. Il contient un arc terrestre fort étendu, du midi de l'Afrique à l'angle N.-O. de la Norwége, et traverse dans les régions arctiques et antarctiques des étendues de terres encore indéterminées. On peut aisément tracer ce cercle d'une manière approximative sur une carte d'Europe quelconque, en tirant une ligne rasant à l'est les signes qui représentent les villes de Naples et de Hambourg.

Un douzième *grand cercle primitif*, celui *de la Nouvelle-Zemble*, a pour pôles le point H, qui tombe dans l'océan Indien, au S. de l'île de Ceylan, et son antipode situé dans l'océan Pacifique, près de Tehuantepec.

Ce grand cercle aborde en Afrique la côte septentrionale du golfe de Guinée par la côte d'Ivoire, et, franchissant les montagnes peu connues de l'intérieur, va côtoyer, jusqu'à la latitude de *Tombouctou*, la partie supérieure du cours du Niger ou Joliba. Traver-

sant le grand désert de Sahara et l'Algérie, il sort de l'Afrique par les anfractuosités de la côte située à l'O. de Bougie.

Il aborde ensuite l'Europe centrale en rasant le pied oriental des montagnes de l'Esterel, et, traversant les Alpes maritimes, le Piémont, la Suisse et la Souabe, avec des circonstances de précision sur lesquelles je reviendrai dans la suite, il coupe le Frankenwald en laissant un peu à l'ouest l'extrémité du Thüringerwald, et atteint près de Remda le point D, centre du pentagone européen.

Plus loin, laissant Weimar à une petite distance à l'ouest, il va couper l'Elbe au coude qu'il forme au-dessous de Dessau, entre les confluents de la Mulde et de la Saale, et, traversant les sables du Brandebourg, il entre dans la mer Baltique en rasant l'extrémité orientale des falaises crayeuses de l'île de Rügen.

En poursuivant son cours, notre *grand cercle primitif* passe entre l'île de Bornholm et la pointe S.-E. de la Suède près d'Ystad, et, sortant un moment de la Baltique par le port de Carlscrona pour y rentrer bientôt après, il trace avec une précision remarquable l'une des grandes lignes de cette mer intérieure.

Il traverse ensuite la Nouvelle-Zemble dans la direction de son axe longitudinal, et, coupant la pointe la plus septentrionale de la Sibérie, il parcourt dans le nord de l'Asie des régions peu connues pour entrer dans la mer d'Okhotsk par le cap situé au S.-O. de Taunska.

Il sort de cette mer presque fermée en coupant l'île Poremushir, la plus septentrionale des îles Kuriles, et, traversant tout l'océan Pacifique, il s'adapte à une série de récifs, de petites îles et de petits archipels, depuis Gaspar-Rico jusqu'au grand archipel des îles Viti. Dans cet archipel, il coupe l'île Viti-Lebou en passant aux deux petites montagnes qu'y figure la carte générale de l'océan Pacifique par M. Vincendon-Dumoulin, et il effleure la pointe occidentale de l'île Kandabou.

Plus loin, il rase à de faibles distances les petits archipels Raoul et Curtis, et, traversant tout l'océan Austral, il va encore côtoyer,

dans le midi de l'océan Atlantique, le petit archipel des îles Saunders, puis, jusqu'à la côte d'Ivoire, où nous avons commencé à le suivre, il ne rencontre plus aucune terre.

Ce *grand cercle primitif* présente, depuis le golfe de Guinée jusqu'à la mer d'Okhotsk, un arc terrestre très-étendu, interrompu, seulement sur de petites longueurs, par la Méditerranée, la mer Baltique, la mer Blanche et la mer Glaciale. Dans les parties où il traverse des contrées suffisamment connues, on constate qu'il est jalonné par beaucoup de points remarquables.

Un treizième *grand cercle primitif*, celui *de Lisbonne*, a pour pôles le point H, qui tombe dans l'océan Indien au S. de l'île de Madagascar, et son antipode situé dans l'océan Pacifique, au S.-O. de San-Francisco.

Ce grand cercle aborde le continent de l'Amérique méridionale par l'embouchure du Rio-Bueno, sur la côte du Chili, passe à Valdivia, puis au point D, centre de pentagone voisin de cette ville, et coupe la chaîne des Andes près du volcan de Collaqui. Il traverse ensuite les plaines de Buenos-Ayres et du Paraguay, puis l'intérieur du Brésil, et sort de cet empire un peu à l'O. de la rivière Parnaïba, après avoir suivi une direction à peu près parallèle à son cours.

Dans l'océan Atlantique il rencontre le point *b*, voisin de l'île de Porto-Santo, après avoir traversé le groupe des petites îles Dezertas, placé comme un appendice terminal dans le prolongement de l'île de Madère, et il va aborder l'ancien continent au N. de l'embouchure du Tage, par le large promontoire sur le flanc méridional duquel s'élève la ville de Lisbonne. Il passe à une très-faible distance au N.-O. du petit port d'Ericeira et de la ville de Torres-Vedras, en suivant, au milieu du grès rouge, une direction parallèle à celle que jalonnent les protubérances de roches anciennes du cap Roca, d'Areas, de San-Sebastiano, de Sobral, qui s'en trouvent à 10 ou 12 kilomètres dans le S.-E.

Ce *grand cercle primitif* traverse le Portugal et l'Espagne, puis la

France et l'Allemagne, en s'adaptant à un certain nombre d'accidents orographiques et géologiques avec une précision sur laquelle je reviendrai plus tard.

Construit sur la belle carte géologique du Thüringerwald, publiée en 1844 par M. Bernard Cotta, il passe exactemeut à la pointe N.-O. de la bande de zechstein relevée au milieu du trias à Illstadt et Eshberg, puis vers l'extrémité N.-O. d'un très-petit lambeau de zechstein relevé sur le bord même du Thüringerwald.

Il traverse ensuite cette chaîne en coupant dans sa longueur la masse transversale de granite amphibolique du Schiniderfeld; puis, à sa pointe méridionale, la masse granitique située au N.-O. d'Hitzenbach, et enfin le soulèvement compliqué de granites, de porphyre, de diorite et de grauwacke de Hammer, et arrive ainsi au point D, centre du pentagone européen, situé près de Remda, suivant une route jalonnée d'une manière toute spéciale par le savant professeur de géologie de l'Académie des mines de Freiberg.

Au delà du point D, il passe encore, d'après M. B. Cotta, à la pointe S.-E. du relèvement de grès bigarré de Blankenhain; puis, traversant à Ammelshain la pointe nord de la masse de porphyre et de mélaphyre de Grimma, il va rencontrer l'Elbe au coude que forme ce fleuve lorsqu'il est rejeté au nord par le petit massif de terrain à lignite de Belgern, et il le coupe à Stehla, au sommet de l'une de ses inflexions.

Dans les plaines de la Prusse, de la Lithuanie et de la Russie, où il serait trop long de le suivre en détail, il s'adapte encore, avec une précision que la carte planche V de la *Notice* met suffisamment en évidence, aux inflexions des principales rivières, l'Oder, la Wartha, la Vistule, le Niémen, la Duna, le Volga, etc., et il passe approximativement à Vilna; de sorte qu'on le tracerait d'une manière à peu près exacte sur une carte d'Europe en joignant par une ligne droite Lisbonne à Vilna.

Il aborde ensuite l'Ural, et, tracé sur la belle carte géologique de cette chaîne par sir Roderick Murchison, dont la précision ne fait

jamais défaut, il s'adapte approximativement à la principale inflexion de la rivière Silva, près de Tisovsk, et à l'inflexion la plus prononcée des bandes carbonifère et devonienne près de Grobovsk. Plus loin, il traverse la chaîne proprement dite un peu au S. d'Ekaterinenbourg, dans la dépression par laquelle communiquent l'Europe et l'Asie, en passant avec une sorte de prédilection aux extrémités méridionales ou septentrionales des bandes de roches de diverses natures, granitiques, serpentineuses, porphyriques, devoniennes, carbonifères, qui viennent s'y terminer, et à la montagne granitique située au S. d'Elizavetzki. Il atteint enfin le point H, situé au pied oriental de la chaîne, et d'où partent plusieurs autres grands cercles principaux, jalonnés de même par les accidents orographiques, géologiques ou métallifères qu'ils rencontrent dans la région montagneuse.

Notre cercle traverse ensuite l'intérieur de l'Asie, passe au point D, centre de pentagone situé vers le N. de la Chine dans l'Ortous, et sort de cet empire par le cap Fooning, pour aller couper l'extrémité septentrionale de la grande île de Formose.

Dans l'océan Pacifique, il rencontre le petit archipel des îles Pelew, puis il va aborder la Nouvelle-Guinée, où il entre par le cap qui ferme à l'est la baie Humboldt, et d'où il sort à l'entrée orientale du détroit de Torres par la pointe Risk, après avoir passé au point H, situé dans son intérieur, qui a déjà été cité plusieurs fois.

Il traverse ensuite la mer de Corail parallèlement à la côte N.-E. de la Nouvelle-Hollande, puis il coupe la Nouvelle-Zélande, un peu au S. du détroit de Cook, en entrant dans la grande île Tavaï-Pounammou par le havre Barré, qui entame la base du cap Farewell, et, rasant la plage méridionale de la baie du Massacre, il en sort par la pointe située un peu au S. du cap Campbell.

Enfin notre cercle traverse l'océan Austral pour aller aborder la côte du Chili, où nous avons commencé à le suivre.

Ce *grand cercle primitif* est remarquable par la grande étendue des arcs terrestres qu'il contient et qui occupent près de la moitié

de sa circonférence. La topographie de la plupart des contrées qu'il traverse est peu connue; mais, dans celles qui ont été bien explorées, il rencontre un grand nombre de points définissables, dont je compléterai plus loin l'indication.

Un quatorzième *grand cercle primitif*, celui *du Land's End*, a pour pôles le point H, qui tombe dans l'océan Pacifique, au S. des îles Aleutiennes, et son antipode situé dans l'océan Atlantique méridional, au S.-O. du cap de Bonne-Espérance.

Ce grand cercle aborde le continent américain par le fond du golfe de Panama, et il coupe l'isthme célèbre du même nom dans une de ses parties les plus étroites. Après avoir traversé la mer des Antilles, il coupe la partie orientale de l'île d'Haïti, d'où il sort par le cap Raphaël.

Au delà de l'océan Atlantique, le *primitif du Land's End* va aborder le Cornouailles entre les pointes de Pencarn et de Trevase-Head, sans passer précisément au Land's End, qui n'est qu'un point du second ordre dans le système qu'il représente [1]. De même que plusieurs autres cercles du réseau, celui-ci a été désigné par l'un des points les plus connus dans le voisinage desquels il passe, mais sans sous-entendre qu'il y passe rigoureusement. Dans l'intérieur des terres, il coupe par le milieu les masses granitiques du Bodminmoor et du Dartmoor, qui forment le noyau de la presqu'île du Cornouailles, et il représente l'une des directions prédominantes des filons d'Elvan.

Il traverse ensuite la Belgique et le nord de l'Allemagne avec des circonstances de précision que je détaillerai plus loin.

Je dirai seulement ici que, tracé sur la belle carte géologique publiée en 1844 par M. Bernard Cotta, il entre dans le Thüringerwald par la saillie que forme à Beyroe la ceinture de zechstein qui l'entoure; que, plus loin, passant entre Lauterbach et Klein-Schmalkalden, il s'adapte avec un certain caractère de précision aux petits

[1] *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 1059 et 1199.

accidents produits par les éruptions de granite et de porphyre, et qu'il sort enfin du massif montagneux par l'ouverture que le torrent de Langenburg détermine dans la ceinture de zechstein. Plus loin il s'harmonise assez exactement avec les légers accidents du plateau de muschelkalk et de grès bigarré, et, passant à Plauen et à Stadt-Ilm, il arrive non moins heureusement que le *primitif de Lisbonne* au point D, près de Remda.

Franchissant ensuite la plaine de grès bigarré où se déploie la vallée de la Saale, il aborde l'Erzgebirge par la légère saillie que présente près de Neustadt, d'après la carte géologique de la Saxe, la ceinture de zechstein.

Notre *primitif* parcourt toute la région montagneuse de Neustadt à Dux, en Bohême; il coupe le petit terrain houiller de Zwickau, le bassin de grès rouge de Chemnitz dont il suit la direction, à une faible distance de sa limite méridionale, et il chemine à travers l'Erzgebirge au milieu d'une nombreuse série de petites masses éruptives de granite, de porphyre, de diorite, de serpentine, qui semblent se presser sur son passage.

Au pied sud-est de la chaîne il rencontre, dans sa partie la plus large, la zone des basaltes et autres roches éruptives de la Bohême, et franchit l'Elbe à Libochovan, au point où il sort du plaenerkalk, après avoir traversé la protubérance granitique de Lichtowitz.

Ce même grand cercle coupe ensuite les montagnes du Riesengebirge, en conservant une harmonie très-marquée avec les contours des masses minérales de diverses nature qui occupent les confins de la Bohême et de la Silésie, et il va s'adapter un peu au S. de Cracovie au cours de la Vistule, dans la partie où cette rivière suit les limites du muschelkalk et des dépôts modernes. Plus loin il passe à une petite distance au sud des masses tertiaires de sel gemme de Wieliczka et de Bochnia.

Poursuivant son cours vers l'est, il effleure le pied septentrional des Carpathes, puis, sur une assez grande longueur, il

s'identifie, pour ainsi dire, avec la vallée du Dniester, et, passant au point T situé près d'Olviopol, il marque à peu près la limite méridionale des steppes granitiques de l'Ukraine. Sa prolongation entame la lisière septentrionale du Caucase, passe au point *b* situé dans le Daghestan, et entre dans la mer Caspienne en passant à une petite distance au nord de la presqu'île d'Apscheron, célèbre par ses volcans de boue, ses sources de bitume, et ses dégagements de gaz combustibles, objet du culte des Guèbres.

Ce cercle est peu éloigné de la ligne que M. Élie de Beaumont a signalée dans sa *Notice sur les systèmes de montagnes*[1] comme marquant la limite entre l'Europe septentrionale et l'Europe méridionale, et comme formant la terminaison des plaines baltiques, sarmates et russes. Il est seulement situé un peu plus au sud, et, en sa qualité de *ligne de soulèvement*, il est engagé dans le bord de la région comparativement montueuse du midi de l'Europe, puisqu'il laisse au nord la protubérance waldienne de l'Angleterre, le Hartz, les montagnes de Sandomir et de Kielce, les granites de l'Ukraine et la lisière septentrionale du Caucase.

Au delà de la mer Caspienne, notre *grand cercle primitif* traverse la Perse en passant au point I près de Mesched, puis l'Afghanistan. Il entre dans les plaines du Punjaub en passant approximativement par les défilés de Bholun, et il traverse l'Indus à l'une de ses inflexions au-dessous de son confluent avec le Sutlej.

Tracé sur la carte géologique de l'Inde par M. Greenough, le *primitif du Land's End* traverse d'abord le grand désert des Sykes, où il coupe la rivière Loony près de l'une de ses inflexions, et aborde ensuite la région des montagnes de roches cristallines de l'Inde centrale par le cap granitique de Sirohi, extrémité S.-O. de la chaîne granitique d'Oravelly. Il poursuit son cours sur des terrains de

[1] *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 508 et suiv. et p. 1059.

schistes cristallins, entre deux crêtes granitiques, auxquelles il est parallèle, de même qu'à d'autres accidents géologiques. Il l'est aussi aux affluents supérieurs de la rivière Mhye, qu'il suit jusqu'aux points où ils prennent leur source sur l'un des caps du plateau trappéen du Malwa.

Sur le grand plateau trappéen du Malwa et du Deccan, notre cercle passe au point H situé dans l'angle formé par le confluent des rivières Tapty et Poorna, et il s'adapte à plusieurs autres points remarquables de cette région monotone; d'abord, comme nous venons de le voir, à l'un de ses angles nord-ouest, puis à l'extrémité occidentale des monts Vindhya, plus loin à une inflexion des Payen-Ghauts, et enfin à l'un des contours les plus prononcés de la rivière Paîn-Gunga, à laquelle les trapps se terminent près de Mahoor.

Il parcourt ensuite la région de roches granitiques et de roches cristallines schisteuses qui s'étend entre le Godavery et la Kistna, et il en sort précisément par l'angle rentrant que présente son contour extérieur entre les deltas des deux rivières qui viennent d'être citées. C'est là un point remarquable dans la structure de ces contrées, parce que c'est celui où se brise la direction générale de la côte de Coromandel, qui, en prenant une direction plus oblique par rapport au méridien, devient la côte d'Orissa.

Dans l'océan Indien, ce même cercle côtoie parallèlement, mais à environ 3 degrés de distance, la côte S.-O. de l'île de Sumatra et les petits archipels qui la bordent; puis il entre dans la terre d'Endracht, angle N.-O. de la Nouvelle-Hollande, en passant approximativement au cap Vlaming, qui limite à l'ouest le golfe d'Exmouth. Plus loin il passe au point H, qui tombe près de l'angle S.-O. de la terre de Van-Diemen, et il rase à une faible distance les derniers écueils qui protégent les pointes méridionales de cette grande île.

A partir de la Tasmanie, notre *grand cercle primitif* traverse l'océan Austral et l'océan Pacifique sans rencontrer aucune terre,

et va aborder l'isthme de Panama, où nous avons commencé à le suivre.

Ce grand cercle renferme un arc terrestre fort étendu, de plus de 75 degrés, depuis la pointe du Cornouailles jusqu'à la côte de Coromandel, et deux autres plus petits; mais plus des trois quarts de sa circonférence sont placés sur la surface des mers. Il suffit de nommer l'isthme de Panama, le Cornouailles, les plaines baltiques, sarmates et russes, la péninsule d'Apscheron et la terre de Van-Diemen, pour faire comprendre qu'il joue un rôle important dans l'ordonnance générale de la surface du globe. Il est jalonné en outre avec une grande précision par beaucoup de points remarquables. J'en ai cité quelques-uns seulement, mais j'en accroîtrai le nombre ultérieurement.

Enfin un quinzième *grand cercle primitif*, celui *de Saint-Kilda*, a pour pôles le point H, qui tombe dans l'océan Pacifique au N. des îles Bonin-Sima, et son antipode situé dans l'océan Atlantique, au S.-E. de Rio-Janeiro.

Ce grand cercle aborde l'Amérique septentrionale par le cap San-Lazaro, l'un des points remarquables de la côte océanique de la Vieille-Californie découverte par Cortez. Il coupe cette étroite presqu'île en passant approximativement à la montagne qui domine à l'ouest le port de Loreto, traverse la mer Vermeille, parallèlement à la direction de l'île Carmen, et entre dans le Mexique par l'embouchure du Rio-Yaqui.

Il coupe ensuite les régions montagneuses du Nouveau-Mexique, en passant au point T, qui tombe dans la vallée du Rio-Grande, près de Fra-Cristoval, et, après avoir traversé les plaines de l'Arkansas, du Missouri et du haut Mississipi, il entre dans le lac Supérieur en rasant les îles de la Madeleine. Il coupe les saillies de la côte qui fait face à l'île Royale, parallèlement à l'une des séries de filons trappéens cuprifères et à l'axe de la pointe de Kewenaw, et atteint enfin le point H situé sur la rive septentrionale.

De ce point notre *grand cercle primitif* va couper la pointe méri-

dionale de la baie d'Hudson, où il entre par l'embouchure de la rivière d'Albany, où il rase la pointe méridionale de l'île Agoomska et les petites îles Twines, et d'où il sort par l'embouchure du Big-River. Plus loin, après avoir traversé le Labrador et passé au point I, situé dans le détroit de Davis, il coupe la pointe méridionale du Groënland, en s'adaptant à la dentelure prononcée que termine à l'ouest le cap Désolation.

Ce même grand cercle va ensuite aborder l'Écosse en passant à l'angle de la plate-forme sous-marine qui supporte les îles Hébrides et sur le saillant de laquelle se trouve l'îlot trappéen de Saint-Kilda. Notre cercle ne le rencontre pas, mais on lui en a donné le nom comme propre à indiquer d'une manière générale sa position en Europe. Après avoir entamé légèrement les extrémités de l'île Lewis et de l'île de Sky, il traverse l'Écosse en s'adaptant aux soulèvements granitiques qui encaissent le Loch-Ness près du fort Augustus, et en coupant la chaîne des Grampians près du Ben-Dhu, point le plus élevé de l'Écosse (4389 pieds anglais ou 1338 mètres d'altitude). Il sort enfin des îles Britanniques en passant près de la pointe d'Arbroth et du rocher sur lequel s'élève, en pleine mer, le phare de Bell-Rock, rendu célèbre par les travaux et les controverses de l'illustre physicien sir David Brewster.

Au delà de la mer du Nord, il aborde le continent de l'Europe par le sommet de la courbe saillante que forme la côte de la Frise près de l'île d'Ameland, et, passant entre le Teutoburgerwald et la Porta Westphalica, il s'adapte à la courbe que décrit le Weser au-dessous du confluent de la Werra.

Tracé sur la carte géologique du Thüringerwald par M. Bernard Cotta, son cours, qui est parallèle, mais extérieur, à cette chaîne, se trouve en harmonie avec les contours du muschelkalk et du grès bigarré entre Erfurth et Gotha, ainsi qu'aux environs de Remda, où il atteint le point D, centre du pentagone européen.

Au delà du point D, le *grand cercle primitif,* après avoir traversé la Saale à l'angle aigu que forme son cours au-dessus de Rudol-

stadt, et coupé dans sa longueur le petit lambeau du muschelkalk de Schloss-Culm, passe à la saillie que forme le contour de la bande de zechstein à l'E. de Saalfeld et à la saillie correspondante que présente le contour du terrain schisteux. Plus loin, au milieu des petites principautés qui se pressent dans ces parages d'une topographie indécise, et suivant une partie des frontières de la Bavière et de la Saxe, il franchit la région montagneuse, avec une sorte d'adresse, entre l'extrémité du Fichtelgebirge et celle de l'Erzgebirge. Il s'adapte, dans ce trajet, à plusieurs masses éruptives, notamment au grand filon de Greisen d'Asch, et il sort enfin des montagnes par le cap de micaschiste qui s'avance, près d'Eger, dans les terrains modernes dont sont couvertes de ce côté les parties basses de la Bohême.

Ce grand cercle se tient en dehors du Bœhmerwaldgebirge, comme précédemment du Thüringerwald, en côtoyant de même à quelque distance le pied de la chaîne, et son cours s'harmonise, par diverses rencontres, avec les contours des roches cristallines variées dont le sol est composé.

Franchissant enfin la ligne de faîte qui sépare le bassin de l'Elbe de celui du Danube, il coupe ce dernier fleuve dans la courbure qui le ramène vers le nord au-dessus de Krems, et s'enfonce dans la saillie granitique qui envahit sa rive droite sur une petite étendue.

Passant ensuite près de Saint-Polten, il coupe les plaines de la basse Autriche ainsi que le Wienerwald, extrémité de la zone septentrionale des Alpes, et, traversant Wiener-Neustadt, il va raser l'extrémité orientale des masses granitiques de la chaîne centrale, au point où elles se terminent, en s'approchant d'Œdenburg et du lac de Neusiedel.

Plus loin, notre cercle coupe le lac Balaton dans son milieu, en côtoyant la masse basaltique de sa rive septentrionale, et il va passer aux pointes des protubérances de roches carbonifères et métallifères de Fünfkirchen et de Carlowitz.

Après avoir franchi la Save et le Danube à leur confluent, près de Semlin et de Belgrade, il s'adapte approximativement à la ligne que suit le Danube au-dessous de ces deux villes. Il constitue même la corde de toutes les inflexions que présente le cours de ce grand fleuve depuis Neusatz et Peterwardein jusqu'à Semendria.

Traversant ensuite la Turquie d'Europe, où il passe à un point *a* près de Nissa, il en sort en rasant le pied du Rhodope, passe aux îles de Samothrace, d'Imbros et de Tenedos, et aborde l'Asie Mineure près des lieux où fut Troie. Coupant largement le cap Baba, il suit le canal qui sépare Mytilène de la terre ferme, s'adapte aux montagnes qui dominent la ville de Smyrne, et, après avoir passé à la sommité méridionale du Boz-Dagh, il entre dans la Méditerranée par l'une des saillies principales de la côte de la Lycie, en passant entre le port d'Andiphilo et l'île de Meïs ou Castel-Rosso.

Il sort de cette mer près d'El-Arich, par le sommet à peine émoussé de l'angle que forment entre elles les côtes de la Syrie et de l'Égypte.

En Arabie, il rase la pointe du golfe d'Akabah, qui se détache de la mer Rouge vers le nord, et il s'adapte avec une précision singulière aux gisements de roches plutoniques que la carte géologique de M. Russegger figure à la jonction de ce golfe et du Waddi el Traba, qui en forme le prolongement. Sa continuation suit parallèlement et à une médiocre distance la côte de la mer Rouge, en restant constamment dans la chaîne arabique et en passant approximativement par les deux villes de la Mecque et de Sana. Traversant ensuite l'entrée du détroit de Bab el Mandeb, il coupe la pointe du continent africain qui se termine au cap Guardafui.

Dans l'océan Indien, notre cercle coupe l'archipel des îles Seychelles et laisse à l'ouest, à une faible distance, la petite île de Diego-Ruys; après quoi, à travers l'océan Austral et l'océan Paci-

fique, il va rejoindre la côte de la Californie, au cap San-Lazaro, où nous avons commencé à le suivre.

Ce *grand cercle primitif* présente deux arcs terrestres considérables, l'un dans l'ancien et l'autre dans le nouveau monde, ce qui n'empêche pas que plus des deux tiers de sa circonférence ne se trouvent sur différentes mers. Il s'adapte à des configurations géographiques importantes, et son cours est jalonné avec précision par une foule de points choisis.

Sous ce dernier rapport, les quinze *grands cercles primitifs* sont tous dans le même cas. De même que les *dodécaédriques réguliers* et les *octaédriques*, ils s'harmonisent constamment avec les configurations géographiques des contrées qu'ils traversent, et, dans toutes celles dont on possède de bonnes cartes topographiques, ou mieux encore des cartes géologiques, ils rencontrent ou ils rasent de près des points remarquables qu'on peut regarder comme leurs jalons ou leur cortége.

Considérés dans les rapports moins susceptibles de précision qu'ils peuvent offrir avec la disposition générale des continents et des mers, ces quinze cercles donnent lieu aux remarques suivantes.

Trois d'entre eux, savoir, le *primitif équatorial*, celui *du mont Saint-Élie* et celui *de la presqu'île Alaska et de la terre de Van-Diemen*, sont remarquables par la petite étendue comparative des surfaces terrestres qu'ils traversent. Ils le sont aussi par la manière dont chacun d'eux divise le globe en deux hémisphères.

Le *primitif équatorial* donne deux hémisphères extrêmement inégaux sous le rapport des quantités de terres qu'ils renferment, presque toutes les terres étant renfermées dans l'hémisphère qui contient le pôle boréal.

Le *primitif du mont Saint-Élie* divise le globe en deux hémisphères dont l'un renferme la totalité de l'océan Atlantique et des terres qui le bordent de part et d'autre, et semble destiné à mettre en évidence toutes les conditions géographiques de cet océan.

Le *primitif de la presqu'île Alaska et de la terre de Van-Diemen* embrasse presque exclusivement et presque complétement le continent américain, sauf quelques parties qui se rattachent aux terres polaires arctiques, et semble destiné de son côté à encadrer ce continent et à en faire ressortir les relations géographiques, mieux encore peut-être que ne le fait la mappe-monde ordinaire dressée sur le méridien de l'île de Fer, parce qu'il embrasse le pôle sud et la presque totalité des terres polaires antarctiques.

En rapprochant ces *trois grands cercles primitifs* des deux *dodécaédriques réguliers* et des deux *octaédriques* qui ont été signalés sous le même point de vue, on voit que, parmi les trente et un grands cercles principaux que nous avons étudiés, il s'en trouve sept, formant à peu près le quart de la totalité, qui divisent le globe en hémisphères adaptés d'une manière remarquable à la disposition générale des continents et des mers.

Le *primitif du Land's End* renferme une plus grande somme d'arcs terrestres que les trois précédents, mais il n'en divise pas moins la surface du globe d'une manière très-remarquable. En Europe, il marque la limite méridionale de la vaste étendue des plaines baltiques, sarmates et russes; en Asie, il laisse au nord les vastes plaines du Turkestan, une grande partie de celles du Punjaub et du Bengale : en même temps il coupe le nouveau continent dans l'isthme de Panama, qui réunit les deux Amériques par un lien de peu de largeur.

Parmi les autres *grands cercles primitifs*, on peut en signaler particulièrement trois qui, à l'encontre des précédents, se font remarquer par la grande étendue des arcs terrestres qu'ils contiennent.

Le *primitif des montagnes Rocheuses et des îles Galapagos* entre dans le continent de l'Amérique septentrionale par la saillie que forme la côte du Mexique à l'ouest de Tehuantepec. Il sort du continent de l'Asie par la saillie que forment dans la mer des Indes les bouches de l'Irawaddy. Il est à peine interrompu

dans ce long intervalle par le bras de la mer Glaciale qui aboutit au détroit de Behring, et il forme une des grandes lignes de l'ensemble des terres continentales.

Le *primitif du Groënland et du Chili* est une des grandes lignes du continent américain, et il forme en même temps, depuis l'embouchure de l'Obi jusqu'à l'île d'Hainan, un des principaux diamètres de l'Asie.

Le *primitif de Lisbonne* forme, de son côté, depuis l'embouchure du Tage jusqu'à l'île de Formose, un des plus grands diamètres de l'ancien continent tout entier, et il constitue en même temps une des grandes lignes de l'Amérique méridionale, depuis le nord du Brésil jusqu'au midi du Chili.

Ces trois grands cercles, de même que le *primitif du cap Castle et de Valdivia* et celui *des cataractes du Nil,* qui, sans présenter d'aussi grands arcs terrestres, forment eux-mêmes en Asie et en Afrique des lignes remarquables, se coupent au point D, centre de pentagone, qui tombe au nord de la Chine dans l'Ortous. Par là ce point D se trouve rivaliser en importance avec le point D près de Remda, centre du pentagone européen, sans parler de l'importance que lui donne le *dodécaédrique régulier des Açores,* dont il forme l'un des pôles.

Cette double circonstance paraît plus frappante encore quand on remarque que le *primitif de Lisbonne,* qui passe aux deux points D dont nous venons de parler, passe au milieu de l'intervalle qui les sépare, par le point H de l'Ural, où il partage symétriquement les angles qu'y forment les deux *dodécaédriques réguliers* et les deux *octaédriques* signalés précédemment.

Mais le *primitif de Lisbonne* passe aussi au point T de l'Espagne, où il divise de même symétriquement l'angle formé par les *octaédriques du Mulehacen* et *du mont Sinaï,* dont le rôle remarquable a été indiqué. Il passe au point *b* près de Porto-Santo, où il coupe perpendiculairement le *dodécaédrique régulier des Açores,* axe du barrage transatlantique. Enfin il passe au point I du Brésil, centre

du triangle équilatéral déjà mentionné qu'y forment trois *dodécaédriques réguliers.*

On voit ainsi comment ceux des cercles principaux du réseau qui tracent de grandes lignes dans les continents se donnent en quelque sorte la main pour en dessiner la charpente, et comment le *primitif de Lisbonne* devient, dans une certaine mesure, l'axe de symétrie de cette charpente.

Ce grand cercle est peut-être, parmi les cercles principaux du réseau pentagonal, celui qui approche le plus de diviser le globe en deux hémisphères contenant des quantités égales de surfaces terrestres. Pour vérifier ce point, il faudrait exécuter de longs calculs, dont M. de Humboldt a pris soin de réunir depuis longtemps les principaux éléments; mais on ne pourrait les achever complétement quant à présent, faute de connaître exactement les contours, ni par conséquent les superficies des terres polaires, australes et boréales.

Dans tous les cas, le *primitif de Lisbonne* divise le globe en deux hémisphères qui méritent d'être comparés, et il pourrait, comme les sept autres cercles qui ont été signalés précédemment, devenir la base d'une mappemonde remarquable.

Il pourrait aussi devenir la base d'un planisphère dressé sur la projection réduite de Mercator, appliquée à ses perpendiculaires en guise de méridiens, et ce planisphère mettrait en relief une certaine symétrie grossière des formes continentales, avec laquelle on est peu familier.

Les sept autres cercles déjà désignés pourraient eux-mêmes devenir les bases d'autant de planisphères, et la réunion des huit mappemondes et des huit planisphères dont il s'agit jetterait un jour particulier sur l'adaptation du réseau pentagonal aux configurations géographiques.

Toutes les relations de forme et de position que ces cartes mettraient en évidence se voient sur un globe pourvu du réseau pentagonal, mais elles s'y partagent l'attention. Un planisphère ou une mappemonde, spécialement consacré à chacun des huit

cercles, ferait tout naturellement prédominer les remarques qui peuvent le concerner et les rendrait plus manifestes en les exagérant quelquefois en manière de caricature.

Les autres *grands cercles primitifs* peuvent aussi donner lieu à des remarques curieuses et susceptibles d'être mises en plus grande évidence par des procédés cartographiques; mais elles se rapportent à des traits moins généraux, et, par cela seul que ces cercles renferment des arcs terrestres moins étendus, elles sont moins frappantes que les précédentes.

Toutes ces cartes mériteraient d'entrer dans l'*Atlas pentagonal* dont l'auteur de la *Notice sur les systèmes de montagnes* a donné un programme sommaire à la page 1038 de l'ouvrage. Elles devraient y être accompagnées de cartes, à une échelle suffisante, des parties de la surface du globe citées précédemment, auxquelles les grands cercles fondamentaux du réseau s'appliquent avec une netteté particulière, telles que la *mer Rouge*, le *golfe de Pechely*, l'*île de Gilolo*, la *Nouvelle-Guinée*, la *terre de Van-Diemen*, l'*île de Cuba* et cent autres localités. Le point essentiel pour bien faire comprendre l'adaptation du réseau pentagonal aux accidents variés de la surface du globe terrestre est de la *faire apercevoir*, plus encore que de la décrire, car, comme dit Horace :

> Segnius irritant animos demissa per aurem,
> Quam quæ sunt oculis subjecta fidelibus.

Dans ces sortes de comparaisons, les rencontres de détail qui sont souvent très-précises, et les relations générales qui sont beaucoup plus vagues, ont les unes et les autres un mérite qui leur est propre. Les quinze *grands cercles primitifs* divisent la surface du globe, ainsi qu'on l'a vu précédemment, en cent vingt parties égales (triangles rectangles scalènes), et il n'est pas facile de saisir d'un coup d'œil les rapports existant entre une figure aussi compliquée et les formes irrégulières et plus compliquées encore des terres et des mers; mais, en fractionnant cette comparaison, ou,

pour mieux dire, en réunissant les triangles rectangles scalènes par groupes pour établir les comparaisons, on peut arriver à des rapprochements qui ne sont pas sans intérêt.

On trouve un moyen d'établir ainsi des comparaisons partielles en se rappelant que les quinze *grands cercles primitifs* du réseau pentagonal se partagent en cinq systèmes trirectangulaires, contenant chacun trois de ces cercles.

Chacun des systèmes trirectangulaires renferme aussi quatre *octaédriques*. L'un quelconque des octaédriques appartenant à deux systèmes trirectangulaires différents, les dix octaédriques répétés deux fois donnent les quatre octaédriques de chaque système.

Dans son tableau des données numériques qui fixent cent cinquante-neuf cercles du réseau pentagonal, M. Élie de Beaumont a présenté la répartition des quinze *primitifs* et des dix *octaédriques* entre ces cinq systèmes trirectangulaires. En partant de cette classification et en y introduisant les mesures approximatives des arcs terrestres contenus dans chacun des cercles, on arrive à former le tableau suivant :

PREMIER SYSTÈME TRIRECTANGULAIRE.

	ARCS TERRESTRES.		ARCS TERRESTRES.
Primitif de l'Etna (*système du Ténare*)	$119°+x$	Octaédrique du lac Baïkal et de l'île du Prince-Édouard	82°
Primitif du Groënland et du Chili	$142°+x$	Octaédrique du cap Cod	67°
Primitif équatorial	73°	Octaédrique du mont Sinaï (*système des Pyrénées*)	47°
TOTAL	$334°+2x$	Octaédrique de l'île Trinidad	119°
		TOTAL	315°

DEUXIÈME SYSTÈME TRIRECTANGULAIRE.

Primitif de Lisbonne	157°	Octaédrique des Garrow-Hills	106°
Primitif du mont Saint-Élie	65°	Octaédrique de Cochabamba et du golfe de Pechely	$149°+x$
Primitif de la Floride et de la terre d'Arnhem	82°	Octaédrique du Mulehacen	$43°+x$
TOTAL	304°	Octaédrique du mont Sinaï	47°
		TOTAL	$345°+2x$

TROISIÈME SYSTÈME TRIRECTANGULAIRE.

	ARCS TERRESTRES.		ARCS TERRESTRES.
Primitif de Saint-Kilda (*système du Thüringerwald*)	101°	Octaédrique des îles Sous-le-Vent et du cap Walsh	49°
Primitif des cataractes et de Valdivia	123°	Octaédrique du lac Baïkal et de l'île du Prince-Édouard	82°
Primitif du lac Supérieur et du cap San-Thomé	97°	Octaédrique de Nijney-Tagilsk	142°
		Octaédrique du Mulehacen	43°+x
TOTAL	321°	TOTAL	316°+x

QUATRIÈME SYSTÈME TRIRECTANGULAIRE.

Primitif de la Nouvelle-Zemble (*système du Rhin*)	82°+x	Octaédrique des Garrow-Hills	106°
Primitif de Cuba et du cap Sandy	104°	Octaédrique du cap Cod	67°
Primitif des montagnes Rocheuses et des îles Galapagos	153°	Octaédrique de Nijney-Tagilsk	142°
		Octaédrique d'Hindoë	108°+x
TOTAL	339°+x	TOTAL	423°+x

CINQUIÈME SYSTÈME TRIRECTANGULAIRE.

Primitif de la presqu'île Alaska et de la terre de Van-Diemen	49°+x	Octaédrique des îles Sous-le-Vent et du cap Walsh	49°
Primitif du Land's-End	86°	Octaédrique de Cochabamba et du golfe de Pechely	149°+x
Primitif du cap Castle	97°	Octaédrique d'Hindoë	108°+x
		Octaédrique de l'île Trinidad	119°
TOTAL	232°+x	TOTAL	425°+2x

La somme des amplitudes des arcs terrestres contenus dans chacun de ces vingt-cinq cercles a été mesurée approximativement sur le réseau pentagonal tracé par M. Laugel sur le globe édité par M. P. Bertrand. A l'exemple de M. le baron Félix de Francq, qui a publié le premier des mesures de ce genre[1], on a ajouté une indé-

[1] Voir les extraits, insérés dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, des mémoires encore inédits de cet ingénieux géologue, dont la mort prématurée a été l'objet de si justes et si unanimes regrets :

Note sur la formation et la répartition des reliefs terrestres, par M. Félix de Francq, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXVI, p. 617 (séance du 4 avril 1853);

De la formation et de la répartition des

terminée x à l'amplitude mesurée sur les cercles qui traversent les régions glaciales, pour tenir compte des valeurs inconnues des arcs terrestres qui correspondent aux terres polaires arctiques et antarctiques. La valeur de cette indéterminée x varie naturellement d'un cercle à un autre. L'impossibilité de l'évaluer, quant à présent, ne peut manquer de répandre quelque incertitude sur les conclusions à tirer des mesures qui nous occupent. On peut remarquer cependant que, même pour les cercles qui passent très-près des pôles et qui renfermeraient des arcs terrestres près de chaque pôle, la valeur totale x de ces arcs dépasserait difficilement 50 à 60 degrés.

En parcourant le tableau précédent, on voit que la somme des amplitudes des arcs terrestres contenus dans chacun des vingt-cinq cercles qui y figurent varie dans la proportion du simple au triple et presque au quadruple, de 47 degrés (*octaédrique du mont Sinaï*) à 157 degrés (*primitif de Lisbonne*). Mais on peut remarquer en même temps que, dans chaque système trirectangulaire, les cercles où les amplitudes des arcs terrestres sont très-grandes sont associés à d'autres où elles sont beaucoup moindres, de manière à produire une compensation plus ou moins approximative, comme le montre le tableau suivant, qui est un résumé du premier :

		ARCS TERRESTRES.
Premier système trirectangulaire.	Primitifs.....	$334° + 2x$
	Octaédriques.....	315°
	TOTAL.....	$649° + 2x$

reliefs terrestres, trois mémoires par le même, *Comptes rendus*, t. XLII, p. 378, 535 et 1054 (séances des 25 février, 24 mars et 2 juin 1856);

Sur la formation et la répartition des reliefs terrestres, par M. Félix de Francq, Lettre à M. Élie de Beaumont, *Comptes rendus*, t. XLIII, p. 690 (séance du 6 octobre 1856);

De la formation et de la répartition des reliefs terrestres (systèmes de montagnes de l'Europe occidentale), par M. Félix de Francq, *Comptes rendus*, t. XLVI, p. 523 (séance du 15 mars 1858).

		ARCS TERRESTRES.
Deuxième système trirectangulaire.	Primitifs	304°
	Octaédriques	345° + 2x
	TOTAL	649° + 2x
Troisième système trirectangulaire.	Primitifs	321°
	Octaédriques	316° + x
	TOTAL	637° + x
Quatrième système trirectangulaire.	Primitifs	339° + x
	Octaédriques	423° + x
	TOTAL	762° + 2x
Cinquième système trirectangulaire.	Primitifs	232° + x
	Octaédriques	425° + x
	TOTAL	657° + 2x

Les deux défauts de compensation les plus marqués que présente ce tableau sont : 1° la petitesse de l'amplitude totale des arcs terrestres compris dans les primitifs du cinquième système trirectangulaire, qui est seulement de 232° + x, au lieu de dépasser 300 degrés comme dans les quatre autres systèmes ; 2° la grandeur de l'amplitude totale des arcs terrestres compris à la fois dans les primitifs et dans les octaédriques du quatrième système trirectangulaire, amplitude qui est de 762° + x, au lieu d'être d'environ 650° + x ou + 2x, comme dans les autres sommes analogues. Le quatrième système trirectangulaire est celui auquel appartiennent les points H du Sahara, de Tehuantepec et de la Sibérie orientale et leurs antipodes, ainsi que le point I du détroit de Davis et les sept autres points I conjugués avec lui. Le cinquième système trirectangulaire est celui auquel appartiennent les points H situés au N.-O. des Açores, au S. des îles Aleutiennes et dans l'Inde, ainsi

que leurs antipodes. Là se trouvera nécessairement le point de départ d'études nouvelles qui ne peuvent être devancées dans le présent rapport.

Le défaut de compensation qui vient d'être signalé est en lui-même assez modéré; car, malgré l'incertitude causée par la présence des arcs inconnus x, on peut dire que, parmi les quinze sommes que présente le tableau, il n'y en a pas une seule qui soit inférieure ou supérieure de la moitié de sa valeur à l'une quelconque de ses analogues, et généralement les sommes analogues ont des valeurs assez voisines les unes des autres.

Le dernier tableau donne encore lieu de remarquer qu'en moyenne les amplitudes des arcs terrestres contenus dans les grands cerles primitifs surpassent un peu les amplitudes des arcs terrestres contenus dans les octaédriques, car la somme totale de ces amplitudes est, pour les primitifs :

$$334^\circ + 304^\circ + 321^\circ + 339^\circ + 232^\circ + 4x = 1530^\circ + 4x,$$

ce qui donne pour moyenne :

$$\frac{1530^\circ + 4x}{15} = 102^\circ + \frac{16}{60}x,$$

tandis que la somme totale des amplitudes est, pour les octaédriques :

$$315^\circ + 345^\circ + 316^\circ + 423^\circ + 425^\circ + 5x = 1824^\circ + 5x,$$

ce qui donne pour moyenne :

$$\frac{1824^\circ + 5x}{20} = 91,2 + \frac{15}{60}x.$$

Les six *dodécaédriques réguliers* forment un groupe unique qui ne peut être subdivisé. En soumettant ces grands cercles au même

genre de mesure, on trouve les valeurs suivantes pour les amplitudes des arcs terrestres qu'ils contiennent respectivement :

Dodécaédrique régulier du cap Corrientes et de Singapour.....	47°
——————— du Sénégal et de la Nouvelle-Guinée....	138°
——————— des Açores et de la terre de Van-Diemen.	114°
——————— du Brésil et du Japon.....	$73^\circ + x$
——————— du Spitzberg et du lac Supérieur.....	119°
——————— de la mer Caspienne.....	$131^\circ + x$
Total.....	$622^\circ + 2x$

ce qui donne pour moyenne $103^\circ,7 + \frac{20x}{60}$.

Ainsi les trois classes de cercles que nous considérons, rangées d'après l'amplitude moyenne des arcs terrestres qu'ils contiennent, présentent le résultat suivant :

Dodécaédriques réguliers.....	$103^\circ,7 + \frac{20\,x}{60}$
Grands cercles primitifs.....	$102^\circ,0 + \frac{16\,x}{60}$
Octaédriques.....	$91^\circ,2 + \frac{15\,x}{60}$

L'incertitude qui règne sur les valeurs, probablement fort inégales, des arcs x, exclut ici toute précision; mais la déterminaison exacte de ces valeurs ne changerait probablement pas l'ordre dans lequel les trois classes de cercles viennent d'être rangées. Sous le rapport qui nous occupe, les *dodécaédriques réguliers* paraissent être au premier rang, les *primitifs* semblent les suivre, et les *octaédriques* viennent en dernière ligne.

L'indéterminaison des valeurs de x n'empêche pas d'ailleurs de voir que les trois classes de cercles contiennent, en moyenne, une plus grande somme d'arcs terrestres que ne doivent en renfermer, en moyenne, des grands cercles tracés au hasard sur la surface du globe. En effet, les terres émergées occupant à peu près exacte-

ment *un quart* de cette surface, des cercles tracés au hasard doivent, en moyenne, contenir un quart de leur longueur, ou 90 degrés d'arcs terrestres. Ainsi, comme on pouvait s'y attendre, les *dodécaédriques réguliers*, les *primitifs* et les *octaédriques* sont les cercles privilégiés.

Ils ne sont privilégiés cependant que dans une proportion assez faible, qui dénote dans la disposition réciproque des diverses parties de l'écorce terrestre une sorte de réaction réciproque et de pondération, dont la raison d'être doit se trouver dans la mécanique terrestre, et résulte sans doute de la fluidité intérieure du globe et de la faible épaisseur de son écorce solide.

Il ne faut pas croire qu'on trouverait nécessairement des résultats semblables en traçant au hasard un réseau pentagonal sur un globe dessiné d'une manière arbitraire. Ils ne tiennent pas à une propriété naturelle du réseau pentagonal indépendante des configurations géographiques. Si l'on traçait le réseau pentagonal sur un globe de fantaisie, on pourrait obtenir à volonté les résultats les plus divers, tous complétement différents de ceux auxquels nous sommes parvenus.

En effet, en fabriquant un pareil globe, et sans cesser d'y faire occuper par les terres le quart de la surface, on pourrait dessiner les terres en forme de pointes ou de bandes très-allongées placées sur les cercles principaux, de manière que ces cercles ou une classe de ces cercles sortissent peu des surfaces terrestres, ou n'en sortissent pas du tout, ce qui leur donnerait des arcs terrestres très-considérables, égaux même, dans le dernier cas, à 360 degrés.

On pourrait aussi réduire les surfaces terrestres arbitrairement dessinées à des îles renfermées dans les parties des cent vingt triangles rectangles scalènes que ne traversent ni les *dodécaédriques réguliers* ni les *octaédriques*, de manière que les différents cercles que nous avons considérés ne les rencontrassent jamais, ce qui donnerait à ces cercles, y compris les primitifs, des arcs terrestres nuls.

On pourrait obtenir tout aussi facilement une foule de résultats intermédiaires. Nous n'avons rencontré aucun de ces résultats excentriques, parce que les formes géographiques, quelque bizarres qu'elles puissent paraître, ont été déterminées par des forces naturelles exemptes d'arbitraire et de caprice.

Il est à remarquer, en outre, que, si on changeait, même assez légèrement, la position du réseau pentagonal sur le globe, on verrait disparaître les priviléges des grands cercles principaux en même temps que leur propriété de passer par une foule de points remarquables.

Les résultats que nous avons obtenus sont dus *à l'accord naturel* qui existe entre les formes géographiques réelles et la symétrie pentagonale. Ils achèvent de montrer que *le réseau pentagonal existe dans la nature* et que *la position qui lui est assignée est très-sensiblement exacte.*

Mais, en ce moment, ces conclusions pourraient sembler prématurées, car nous sommes loin d'avoir épuisé le répertoire des cercles du réseau pentagonal. Il nous reste même encore à étudier près de la moitié des cercles principaux; je veux parler des *dodécaédriques rhomboïdaux.*

LES TRENTE DODÉCAÉDRIQUES RHOMBOÏDAUX.

Les *dodécaédriques rhomboïdaux,* dont nous avons donné plus haut la définition et la position dans le réseau pentagonal, sont au nombre de trente. Ils ont pour pôles les soixante points T où aboutissent les diagonales des angles de 90 degrés des cinq systèmes trirectangulaires, points qui sont deux à deux les antipodes l'un de l'autre.

M. Élie de Beaumont a publié le tableau de ces trente cercles[1] et de leur répartition entre les cinq systèmes trirectangulaires, ainsi

[1] *Comptes rendus,* t. LVII, p. 121 (séance du 20 juillet 1863).

que des données numériques qui les fixent sur la surface du globe. Au moyen de ces données, on peut les tracer avec la plus grande facilité sur un globe ou sur des cartes, et ils figurent au nombre des douze rayons de chacun des points I et des points H qui ont été marqués sur différentes cartes employées dans les cours.

C'est ici le lieu de donner au moins quelques *spécimens* des monographies dont chacun de ces cercles pourrait être l'objet au même titre et de la même manière que les trente et un premiers grands cercles principaux dont nous nous sommes occupés précédemment.

Un *dodécaédrique rhomboïdal* passe à chaque point T et à son antipode, en coupant perpendiculairement le *grand cercle primitif* qui y passe en même temps que lui.

Le *dodécaédrique rhomboïdal* qui passe au point T de l'Etna passe en même temps au point H de la mer de la Chine, au point I de la Perse et à leurs antipodes. Il a pour pôles le point T qui tombe dans l'océan Pacifique au sud de l'Amérique russe, et son antipode le point T situé dans l'océan Austral au sud-ouest de l'île du Prince-Édouard.

Ce grand cercle aborde l'Amérique méridionale par la côte du Pérou, un peu au sud de Pisco et des îles Chinchas, célèbres par le guano qu'on y exploite. Après avoir coupé la crête des Andes, il s'adapte sur une certaine étendue au cours du Rio-Ucayle, et arrive bientôt au point H situé dans les plaines du Beni, à l'antipode du point H de la mer de la Chine. Traversant les plaines de l'Amazone et les contrées montueuses des Guyanes, où il coupe le Maroni au-dessus du saut d'Ytapoucou, il en sort par la montagne de Saparouna et la montagne du Serpent, et il entre dans l'océan Atlantique par l'embouchure de l'Oyac. Il rase à une faible distance les îlots appelés la Mère et les Deux-Filles, en laissant à quinze kilomètres au N.-O. le rocher (trachytique?) de Cayenne, et à une distance à peu près égale au S.-E. les îlots du grand et du petit Conétable; car cette partie des côtes américaines n'est

qu'un archipel de petites îles ensevelies en grande partie sous les vases provenant de l'Amazone.

Dans l'océan Atlantique, notre *dodécaédrique rhomboïdal* passe au point I situé au S.-O. de l'archipel des Canaries, où il aborde directement l'île principale, Ténériffe, qu'il coupe à peu près par le milieu de sa largeur.

Tracé sur la belle carte de cette île célèbre dont la science est redevable à M. Léopold de Buch[1], il y pénètre par la plage d'Adexe, et il en sort un peu au sud de Candellaria. Sa direction est sensiblement parallèle à la plus grande longueur de l'île, au plus grand diamètre du cratère de soulèvement qui en forme le noyau, à la longue crête qui s'en détache vers le nord-est, et même à la ligne qui joint le cratère de Chahora au pic de Teyde, c'est-à-dire aux principales orientations que présente la charpente montagneuse.

Il en est encore à peu près de même lorsqu'on trace le *dodécaédrique rhomboïdal* sur la carte de l'*Hydrographical Office*, dressée d'après le lever fait en 1838 par le capitaine Vidal. Sur cette dernière carte, le contour de l'île est plus renflé, le cratère de soulèvement plus large, et notre cercle passe exactement sur sa crête et se trouve tangent à sa cavité intérieure. Sur la carte de M. de Buch, qui a pour base le lever beaucoup plus ancien de Borda, le même cercle reste un peu en dehors de la crête du cirque; mais si, sur cette carte, on déplaçait le pic et le cratère de soulèvement qui l'entoure de cinquante secondes vers l'E.-S.-E. pour mettre le premier à la place que lui assigne la *Connaissance des temps*, d'après le relèvement fait en 1837, le contour intérieur du cirque deviendrait tangent à notre cercle. Il est fort probable que tel est l'état réel des choses, et que le *dodécaédrique rhomboïdal* passe à une distance de l'axe du pic égale au rayon minimum du cratère de soulèvement,

[1] *Description physique des îles Canaries, suivie d'une indication des principaux volcans du globe*, par M. Léopold de Buch, traduite de l'allemand par M. C. Boulanger, Paris, 1836.

c'est-à-dire à 4′ 50″ du méridien ou à environ 8 kilomètres. Il rase le contour souterrain de sa base.

Le *dodécaédrique rhomboïdal* ne touche aucune autre île du groupe des Canaries. Il laisse toutes ces îles au nord ou au sud, rangées en deux bandes qui semblent s'écarter pour son passage, et il va aborder directement la côte du Maroc qu'il atteint à Edwisan, en passant à 22 kilomètres au sud du cap Sim, situé lui-même au midi de Mogador.

Tracé sur la belle carte de l'empire du Maroc publiée en 1844 par M. Émilien Renou, notre cercle côtoie au nord, à 50′ ou 93 kilomètres de distance, la grande crête de l'Atlas marocain couronnée par le Miltzin, dont la hauteur (3,475 mètres), supérieure à celle de toutes les autres montagnes du nord de l'Afrique, a probablement donné naissance aux fictions des poëtes anciens qui faisaient supporter le ciel par l'Atlas. Ce même cercle passe à 20′ ou 37 kilomètres au N.-N.-E. de la ville de Maroc, dans de grandes plaines où on pourrait être tenté de chercher le site de l'ancien jardin des Hespérides. Plus à l'est, il traverse aussi la plaine de Sahab-el-Marga, entourée de toutes parts de hautes montagnes diversement dirigées, et celle où prend naissance la rivière d'Isli, célèbre dans les annales de nos guerres d'Afrique. Ces plaines peuvent être considérées comme la prolongation, accidentellement interrompue, de celles qui, dans le Maroc occidental, partent des bords de l'Océan, et elles se rattachent directement aux plaines élevées de la province d'Oran.

M. Émilien Renou a publié, en 1847, dans le grand ouvrage de la Commission scientifique de l'Algérie, dont il a été l'un des membres les plus actifs, une carte géologique du Tell algérien, qui contient déjà les principaux linéaments de l'orographie et de la géologie de cette vaste contrée. Cette carte est à l'échelle de $\frac{1}{2,000,000}$, comme celle du Maroc, et il était facile d'y prolonger le tracé du *dodécaédrique rhomboïdal.*

Notre cercle parcourt le Tell dans sa longueur, en restant

constamment en concordance d'orientation avec une des séries de chaînons parallèles dans lesquelles se décomposent les montagnes du nord de l'Afrique. Ces chaînons, s'ils ne sont pas les plus accentués dans leurs formes, sont, en général, les plus étendus, et plusieurs d'entre eux, tels que le Djebel-Megsem, le Djebel-Khider, le Djebel-Redir, le Djebel-Bou-Taleb, côtoient à une petite distance le *dodécaédrique rhomboïdal,* qui est également parallèle aux sections les plus étendues des principaux cours d'eau d'Algérie, tels que l'Ouad-Chelif, l'Ouad-el-Djedi, l'Ouad-el-Khemis, etc. Mais ce qui est plus frappant encore, c'est l'harmonie de direction qu'il présente avec la série de hauts plateaux intérieurs qui, s'étendant de l'empire de Maroc à la régence de Tunis, relient et commandent toutes les parties du Tell algérien.

Ces plateaux, dont les contours abondent en gisements de gypse et de sel gemme, sont surtout caractérisés par une longue série de lacs salés peu profonds et en partie desséchés pendant l'été, tels que le Chott-ech-Chergui, le Zarez-el-Rarbi, le Zarez-ech-Chergui, le Chott-el-Hadna, le Chott-Resdis, la Sabka-Zerka, etc. etc. La plupart de ces lacs salés sont situés au sud du *dodécaédrique rhomboïdal,* qui rase ou effleure les saillies septentrionales des contours des plus considérables d'entre eux. Il marque visiblement le bord septentrional d'un sillon peu profond que présente le Tell dans toute sa longueur, et, avant d'entrer dans la régence de Tunis, il suit la crête qui forme le flanc septentrional de la vallée de l'Ouad-el-Kemis et passe par ses principales sommités.

Il quitte le sol de l'Afrique en côtoyant au nord le promontoire montueux qui porte vers sa pointe les ruines de Carthage et au pied méridional duquel se trouve la ville de Tunis, entourée de lacs salés situés, en fait, dans la prolongation de la zone des lacs algériens.

Notre cercle entre enfin dans la Méditerranée en rasant la pointe du cap Bon, qui reste à 5 ou 6 kilomètres dans le sud, mais en laissant au nord les petites îles Zimbre et Zimbrot, qui semblent en être détachées.

Traversant le banc de l'Aventure, qui relie l'Afrique à la Sicile, il aborde cette île par la plage où tombe le fleuve Calatabelloto, en passant un peu au sud du port de Sciacca et à 22 kilomètres au nord du haut fond qui marque encore la place où surgit, en 1831, l'île Julia.

Ce même cercle passe par l'axe de l'Etna, sort de la Sicile en évitant de toucher la proéminence calcaire de Taormina, qui limite au nord le champ des épanchements volcaniques, et rase bientôt après, à 1 ou 2 kilomètres de distance, le massif calcaire du cap Spartivento, point le plus méridional de la Calabre et de toute l'Italie.

Au delà de la mer Ionienne, notre cercle va tronquer légèrement les pointes septentrionales des îles de Céphalonie et d'Itaque et aborder la terre ferme par le cap Kanditi, situé entre le golfe de Lépante ou de Corinthe et le golfe d'Arta.

Il traverse la Grèce continentale entre le Pinde et l'Hélicon, en coupant le plateau calcaire d'Erato-Vouni. Les couches qui constituent ce plateau se relèvent vers le sud pour former la double cime du Parnasse et les escarpements qui dominent Delphes vers le nord; mais ici, comme en beaucoup de points de l'Algérie, le *dodécaédrique rhomboïdal* se maintient dans les parties centrales et les plus prosaïques du plateau. Il ne s'approche pas à moins de 9 ou 10 kilomètres de l'antique séjour d'Apollon et des Muses, et, franchissant le Céphise, il entre en Béotie, où il laisse au sud le lac Copaïs; il sort enfin de la Grèce en coupant l'île de Négrepont par le col de Mandudi, qui en interrompt l'arête longitudinale.

Le golfe de Corinthe et le lac Copaïs, que notre cercle laisse au sud, jouent, par rapport à lui, un rôle à peu près analogue à celui des lacs de l'Algérie.

Dans la mer de l'Archipel, le *dodécaédrique rhomboïdal* rase les pointes méridionales de Skiros; puis, laissant Mytilène au nord et Chios au sud, il aborde la côte de l'Asie Mineure par le golfe de Tchandarlyk et par la cime trachytique du Hassan-Dagh.

Tracé sur les belles cartes topographique et géologique de M. Pierre de Tchihatcheff, il passe à Ak-Hissar et au pied méridional de l'Ak-Dagh, coupe le Moura-Dagh et le Beyad-Dagh, puis le grand désert salé situé sur les confins de la Galatie et de la Lycaonie, et rase l'extrémité septentrionale du lac salé appelé Tour-Gueul, après avoir laissé au sud d'autres lacs salés moins étendus, le Tchurucksou-Gueul, le Bouldour-Gueul, l'Eguerdir-Gueul, le Beychehr-Gueul. C'est un nouveau retour de notre cercle à ses allures algériennes, et on peut remarquer que, étant dirigé en Asie Mineure presque exactement de l'est à l'ouest, il forme à peu près la ligne médiane de cette grande presqu'île, en se développant sur les plateaux élevés de l'intérieur et laissant au sud les hautes montagnes discontinues qu'on appelle le Taurus, et au nord les chaînons interrompus du littoral de la mer Noire.

Poursuivant son cours vers l'est au milieu de plateaux faiblement accidentés où il rase le pied nord du Kary-Oglan-Dagh et du Hir-Ka-Dagh, notre cercle va couper la pointe N.-E. de l'Anti-Taurus et ensuite le cours supérieur de l'Euphrate, et pénètre sur le haut plateau de l'Arménie, où il rencontre les deux grands lacs salés de Van et d'Urmiah, qu'il laisse, l'un au nord et l'autre au sud, en les écornant légèrement.

Entrant enfin dans la mer Caspienne par son angle S.-O. il en détache vers le sud une étroite lisière, et, rentrant sur la terre ferme par la côte de l'Adjerbidjan, il va passer au point I qui tombe près de Mesched, vers l'extrémité nord-est des déserts salés de la Perse.

Dans les dernières parties de son cours, le *dodécaédrique rhomboïdal*, comme le montre la carte planche V de la *Notice*, laisse au sud et au nord, à des distances à la vérité assez notables (une centaine de kilomètres), les trois grands pics volcaniques du mont Argée, de l'Ararat et du Démavend. Il laisse de même au sud et au nord les principaux massifs trachytiques figurés par M. de Tchihatcheff sur la carte géologique de l'Asie Mineure; mais la disposition symé-

trique de toutes ces masses éruptives conduit à le considérer comme l'axe volcanique de la contrée.

Il ne coupe pas la bande volcanique de la Grèce, mais elle vient se terminer vers le N.-O. à peu de distance de son cours. MM. Charles Sainte-Claire Deville et Fouqué ont signalé dernièrement[1] la proximité où il passe des îles de Mytilène et de Céphalonie, ébranlées par de récents tremblements de terre. Les mêmes savants ont signalé aussi l'harmonie dans laquelle se trouve notre cercle avec l'ordonnance de l'appareil volcanique de la Sicile. Dans tout le nord de l'Afrique, il traverse un sol où l'action volcanique se fait sentir par la fréquence des tremblements de terre.

Dans tout son cours, depuis les îles Canaries jusqu'en Perse, notre cercle suit une voie magistrale formée par de hauts plateaux que caractérise uniformément la salure du sol et celle d'une foule de lacs qui lui font pour ainsi dire cortége, de plus près encore que les montagnes.

On ne pourrait tracer une ligne qui justifiât plus complétement le nom d'*axe du système volcanique de la Méditerranée.*

A partir du point I de la Perse, le *dodécaédrique rhomboïdal* s'engage dans les régions montagneuses voisines de Herat et de Candahar, où il serait impossible de le suivre avec précision. D'après la carte géologique de l'Inde par M. Greenough, il traverse les chaînes granitiques du Paropamissus et sort des montagnes secondaires de l'Afghanistan, près de Dera-Ismaël-Khan, pour couper l'Indus vers l'extrémité de la large vallée, encore bordée de montagnes sur son flanc occidental, dans laquelle coule ce grand fleuve, après être sorti des gorges profondes de l'Himalaya.

Notre cercle s'étend ensuite, sur une longueur de près de 1,500 kilomètres, dans les plaines subhymalayennes, plaines basses, couvertes de dépôts de transport et bien différentes des plateaux élevés de l'Asie Mineure et de l'Algérie.

[1] *Comptes rendus*, t. LXVI, p. 681, séance du 30 mars 1868.

Dans ces plaines, après avoir passé au midi de Lahore, capitale du Punjab, il traverse le Sutleje, près du point où il est coupé lui-même, comme on l'a dit plus haut, p. 89, par le *dodécaédrique régulier du Spitzberg et du lac supérieur* et par l'*auxiliaire* D*ac*, qui représente le système des Pays-Bas; franchissant ensuite la Jumma, le Gange et de nombreux torrents, entre leur sortie de l'Hymalaya et les humbles montagnes de l'Inde centrale, au pied desquelles s'élèvent les villes de Dehli, d'Agra, etc., il va aborder le flanc méridional de la grande vallée du Bengale, en passant de nouveau le Gange au-dessous de Patna.

Il traverse les collines granitiques et schisteuses des Pouharree-Hills, et bientôt après la protubérance de roches anciennes située à l'O.-S.-O. de Rajmahal, où, comme on l'a dit ci-dessus page 102, il coupe simultanément l'*octaédrique* des Garrow-Hills et un *bissecteur* HI, ce qui constitue une des coïncidences remarquables du réseau pentagonal avec la structure de l'Inde.

Revenu bientôt après sur les terrains plats, notre cercle franchit toutes les ramifications fluviales qui sillonnent le vaste delta du Gange et du Brahmaputra, et entre dans le golfe du Bengale par la large embouchure dans laquelle se réunissent les eaux des branches principales de ces deux grands fleuves.

Retrouvant presque aussitôt la terre ferme, notre cercle va couper, dans leurs parties élevées, les chaînes de Chittagong et d'Yeomandong, et franchit l'Irawaddy entre Ava et Prome, dans la région des sources de bitume connues depuis longtemps sur ses rives. Il traverse ainsi l'empire des Birmans à peu près par son milieu.

Plus loin, il parcourt le royaume de Siam et le Cambodge, où il passe au nord de Saïgon, et il sort de la presqu'île orientale de l'Inde par la baie que termine à l'ouest la pointe de Kergu. Cheminant ensuite au milieu d'une série de petites îles ou récifs, il atteint, dans la mer de Chine, le point H déjà cité plusieurs fois.

Au delà du point H, le *dodécaédrique rhomboïdal* traverse la vaste

étendue de l'océan Pacifique. Tracé avec précision sur la belle carte de M. Vincendon-Dumoulin, il coupe d'abord la partie N.-E. de l'île de Bornéo, dans laquelle il pénètre un peu au nord de l'île de Laboan, célèbre par son gisement de combustibles fossiles.

Il aborde ensuite l'île de Célèbes par sa protubérance N.-O. près du cap Rivers, à la naissance de la longue ramification qui s'étend vers l'E.-N.-E., traverse la baie Tominie ou Goungong-Tello en rasant les îles Tagia, passe dans les baies correspondantes qui détachent presque le massif du cap Talyobo, extrémité d'une autre ramification de Célèbes, et sort des eaux de cette grande île en effleurant les îles de Bambang-Callang et de Bongay.

Il rase bientôt après le contour S.-O. de l'île de Bourou, et va passer entre les deux petites îles de Nila et de Seroa. D'après la carte de M. Léopold de Buch[1], ces deux îles sont des volcans. Notre cercle passe entre elles, mais il ne touche ni l'une ni l'autre.

Plus loin, ce même cercle coupe à peu près par son milieu l'île de Timor-Laut, en rasant la petite île Serra; et, entrant dans les parages de la Nouvelle-Hollande, il rase avec précision le cap Wilberforce, pointe N.-O. de la terre d'Arnhem.

Il traverse ensuite la baie de Carpentarie, et, coupant largement la pointe du continent australien qui forme le détroit de Torres, il en sort en passant au pied N.-E. du mont Hinchinbrouk et en rasant le cap Bowling-Green, le cap Gloucester et plusieurs autres; puis, pénétrant dans la mer de Corail, il atteint le point I situé à la hauteur du cap Sandy, à l'antipode du point I voisin des îles Canaries.

A partir de ce point I, notre *dodécaédrique rhomboïdal,* laissant au nord l'île de Norfolk et au sud la Nouvelle-Zélande, traverse tout l'océan Pacifique, sans y rencontrer aucune terre, pour aller aborder la côte du Pérou, où nous avons commencé à le suivre.

Ce grand cercle contient deux arcs terrestres fort étendus, l'un

[1] *Description physique des îles Canaries, etc.*

dans l'Amérique méridionale, de Pisco à Cayenne, l'autre dans l'ancien continent, du Maroc au Cambodge, ayant une amplitude totale d'environ 140°. Il s'harmonise bien avec les configurations géographiques des contrées qu'il traverse, et, dans celles dont on a de bonnes cartes, il s'adapte avec une étonnante précision à une foule de points définissables; mais ce qui le caractérise particulièrement, c'est la manière dont, sur une longueur d'environ 60°, 30° à peu près de part et d'autre de l'Etna, depuis le pic de Ténériffe jusqu'au pic de Demavend, il s'adapte à la zone des hauts plateaux salés et des foyers volcaniques, adaptation qui, dans cette partie, lui a valu le nom d'*axe volcanique de la Méditerranée.*

Dans tout le reste de son étendue, il présente, comme beaucoup d'autres cercles du réseau pentagonal, une foule de coïncidences avec les accidents orographiques, mais sans que rien, sauf les bitumes de l'Irawaddy et les petits volcans de Nila et de Seroa, dont il évite le contact, rappelle spécialement les phénomènes volcaniques.

Un autre *dodécaédrique rhomboïdal,* lié, ainsi qu'on le verra bientôt, au système volcanique de l'océan Pacifique, comme le précédent au système volcanique de la Méditerranée, est associé à ce dernier par la condition de passer comme lui et de le couper perpendiculairement au point H de la mer de la Chine et à son antipode situé presque au centre de l'Amérique méridionale. Ils font partie l'un et l'autre du premier système trirectangulaire déjà indiqué précédemment.

Celui qui va nous occuper a pour pôles le point T de l'Etna et son antipode, qui tombe dans l'océan Pacifique à l'E.-N.-E. de la Nouvelle-Zélande.

Ce grand cercle aborde le continent américain par la côte méridionale du Brésil, province de Rio-Grande-do-Sul, au fond de la baie située au sud du cap Sainte-Marthe et de la Laguna. Franchissant immédiatement la chaîne côtière, il traverse les bassins des grands fleuves de l'Uruguay et du Paraguay, où la topographie

n'est pas assez sûre pour qu'on puisse y chercher des repères précis, et il arrive au point H déjà mentionné, situé à l'est des Andes, dans le pays des Indiens Conomamas ou Marauhas, qu'entourent de loin les eaux des deux grandes rivières auxquelles s'applique également le nom de Rio-Beni.

Poursuivant son cours à travers des pays imparfaitement explorés, notre cercle, après avoir franchi l'Amazone, coupe l'équateur par 77° 18′ 50″,02 de longitude O. de Paris avec l'orientation N. 37° 45′ 39″,96 O., et il va traverser la chaîne des Andes à 21 kilomètres environ au S.-O. de la ville de Popayan.

Tracé sur la belle carte de M. de Humboldt[1], il coupe les Andes exactement par le *Nœud de los Robles*, en s'adaptant même aux crêtes transversales que l'illustre voyageur a dessinées obliquement pour figurer ce nœud où les Andes se divisent en trois ramifications, la Cordillère orientale, la Cordillère centrale et la Cordillère occidentale, qui se dirigent toutes les trois vers la mer des Antilles. Il passe presque rigoureusement aux sources très-voisines l'une de l'autre du Rio-Magdalena et du Rio-Cauca, qui coulent de part et d'autre de la Cordillère centrale. Les deux grands volcans de Sotara et de Puracé, situés à la naissance et sur le flanc occidental de cette même Cordillère centrale, se trouvent en face l'un de l'autre des deux côtés du Rio-Cauca, l'un à 17 et l'autre à 34 kilomètres au N.-E. du *dodécaédrique rhomboïdal*, qui laisse, au S.-O., à 9 kilomètres de distance le Paramo de Papas, et à 6 kilomètres une autre cime fort élevée, située à la naissance du Rio-Timbio. Tout concourt à prouver qu'il passe véritablement par le centre de soulèvement du *Nœud de los Robles*.

Notre cercle sort du continent de l'Amérique méridionale par la baie del Chaco. Dans l'océan Pacifique, il passe devant l'entrée du golfe de Panama, et, rasant à l'ouest de ce golfe la pointe de Muriato et la petite île de Cobiaco, il aborde bientôt après le grand isthme

[1] *Esquisse hypsométrique des nœuds de montagnes et des ramifications de la Cordillère des Andes, etc.* par Alexandre de Humboldt, 1827-1831.

de l'Amérique centrale par la côte de Veragua au sud de Santiago. Il coupe l'état de Veragua en laissant à l'O.-S.-O., à 35 kilomètres de distance, le volcan de Barua, le plus avancé vers le S.-O. des vingt-huit volcans de la ligne de Guatemala[1].

Notre cercle, laissant à l'O. cette grande ligne volcanique, dont l'orientation est plus oblique que la sienne par rapport au méridien, entre dans la mer des Antilles par la lagune de Chiriqui, mais il ne fait que longer à une petite distance la côte N.-O. de l'État de Costa-Rica. Bientôt il entre dans l'État de Guatemala, dont il coupe toute la saillie N.-O., coupe également la pointe occidentale du golfe de Honduras, puis le Yucatan, et, traversant le golfe du Mexique, où il rencontre le banc du Triangle, il va aborder le Texas par la Laguna-del-Madre, un peu au nord de l'embouchure du Rio-Bravo-del-Norte. Enfin, après avoir parcouru la lisière orientale du Texas, il atteint le point I situé au Nouveau-Mexique, près de Fra-Cristoval, dans la vallée supérieure du même Rio-del-Norte.

A partir du point I du Nouveau-Mexique, le *dodécaédrique rhomboïdal* s'engage dans les contrées montueuses et métallifères, d'une topographie encore incertaine, de la Californie et des états ou territoires voisins. Il coupe le Rio-Gila à sa source et le Rio-Colorado près de son confluent avec le Saint-John's-River, traverse le territoire de Colorado, une partie de l'Utah et du pays des Mormons, en laissant au N.-E. le grand lac Salé, et sort enfin du continent par le cap Perpétua, pour entrer dans l'océan Pacifique.

Il laisse au nord tout le territoire de l'Orégon et la plus grande partie au moins du *système de la Sierra de San-Francisco et du mont Taylor*, signalé par M. Jules Marcou comme composé de deux bandes volcaniques dirigées à peu près E.-O et N.-S. (Voir ci-dessus p. 14.)

Sa propre direction au cap Perpetua, ou plutôt sur le méridien

[1] *Description physique des îles Canaries*, par M. Léopold de Buch, p. 500.

situé à 130 degrés de longitude O. de Paris, est N. 61°21′53″,67 O., c'est-à-dire parallèle à celle du détroit de Juan-de-Fuca, situé à trois degrés dans le nord-est, et à celle des principaux accidents orographiques qui se dessinent dans l'île de Vancouver.

Pénétrant dans l'océan Pacifique boréal, le *dodécaédrique rhomboïdal* atteint, au sud de la ci-devant Amérique russe, au milieu d'une mer déserte et probablement profonde, un point T, où il coupe perpendiculairement, à 90 degrés du point T de la Sicile, le *primitif de l'Etna*. Il y rencontre symétriquement, suivant les angles connus, l'*octaédrique* du lac Baïkal et l'*octaédrique* du cap Cod, dont le cours a été décrit ci-dessus page 101 et 105. Ce point T est situé par 51°1′5″ de latitude N. et 150° 28′55″,08 de longitude O. de Paris, et le primitif de l'Etna y est orienté vers le N. 13°14′0″,75 E[1]. Au moyen de ces chiffres on peut construire le point T dont nous parlons, ainsi qu'un arc de chacun des cercles qui s'y croisent.

Notre *dodécaédrique rhomboïdal* coupe perpendiculairement le méridien situé à 167°18′50″,02 à l'ouest de Paris, à 37°45′39″,96 du pole[2], c'est-à-dire par 52°14′20″,04 de latitude N. Il est facile, d'après ces données, de calculer la latitude et l'orientation de son intersection avec autant de méridiens qu'on le juge nécessaire. On peut donc le construire sur une carte quelconque, avec toute la précision qu'on désire.

Tracé par cette méthode sur la belle carte générale de l'océan Pacifique, feuille 5e, dressée, d'après les travaux anglais et russes les plus récents, par M. E. Ploix, sous-ingénieur hydrographe, et publiée au dépôt des cartes et plans de la marine en 1865, notre *dodécaédrique rhomboïdal* s'adapte au îles Aleutiennes avec une précision remarquable.

[1] Tableau des données numériques qui fixent les 362 points principaux du réseau pentagonal. (*Comptes rendus*, t. LVIII, p. 308.)

[2] Tableau des données numériques qui fixent les 159 cercles du réseau pentagonal. (*Comptes rendus*, t. LVII, p. 121.)

La carte de M. Ploix est la continuation vers le nord, jusque dans la mer Glaciale, de la carte de M. Vincendon-Dumoulin, déjà citée plusieurs fois. Au point où elles se réunissent, ces deux cartes, dressées sur la projection réduite de Mercator, sont à la même échelle, les méridiens s'y trouvant à la même distance. Mais on sait que l'échelle d'une carte dressée sur cette projection va en croissant à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur. Sous l'équateur, la carte de M. Vincendon-Dumoulin est à l'échelle de $\frac{1}{13,400,000}$, qui est celle d'un globe de 95 centimètres de diamètre, et une minute de 1,852 mètres y est représentée par un peu plus de $\frac{1}{8}$ de millimètre. Par 52 degrés de latitude, la carte de M. Ploix est à l'échelle de $\frac{1}{8,250,000}$, correspondant à un globe de $1^m,54$ de diamètre, et une minute du méridien, de 1,852 mètres, y est représentée par un peu moins de $\frac{1}{4}$ de millimètre. Je donne ces détails pour faire voir que, dans une construction exécutée avec soin sur ces cartes, très-soignées elles-mêmes, on peut, à la rigueur, estimer les minutes.

La presqu'île Alaska et les îles Aleutiennes, qui y font suite, constituent une sorte de barrage curviligne qui sépare la mer peu profonde du Kamtschatka de l'océan Pacifique, qui est au contraire très-profond. Sur la carte placée verticalement, on croirait voir une guirlande suspendue au-dessous du détroit de Behring : c'est une guirlande enflammée, car M. Léopold de Buch y signale onze volcans actuellement brûlants, et la carte de M. Ploix y indique en outre des volcans éteints. L'une de ces montagnes ignivomes a 3,675 mètres de hauteur, une autre 2,730 mètres, d'autres 14 à 1,600 mètres; elles sont donc comparables en grandeur au pic de Ténériffe, à l'Etna et au Vésuve, et elles ne leur sont pas inférieures en activité.

De même que beaucoup de chaînes de montagnes, cette guirlande volcanique n'est curviligne qu'en apparence. Étudiée attentivement

[1] *Description physique des îles Canaries, etc.* par M. Léopold de Buch, traduite de l'allemand par M. C. Boulanger. Paris, 1836, p. 455.

sur la carte de M. de Buch, et mieux encore sur la carte plus précise de M. Ploix, elle se résout en éléments rectilignes, au nombre de quatre au moins, dont l'ensemble peut être considéré comme une ligne brisée à angles très-obtus.

Le *primitif de la presqu'île Alaska et de la terre de Van-Diemen*, signalé ci-dessus page 136, comme s'adaptant sur une longueur de près de 100 lieues à la côte S.-E. de la presqu'île Alaska, représente le plus oriental de ces éléments rectilignes.

La carte de M. Ploix divise la chaîne totale des îles Aleutiennes en trois tronçons, les îles Fox, les îles Andreanoff et les îles Kryei ou du Rat, et chacun de ces tronçons présente une direction distincte : on pourrait peut-être y joindre encore une direction intermédiaire.

Le groupe des îles Andreanoff a une longueur de 90 lieues marines ou de 500 kilomètres, depuis la passe de Segouam jusqu'aux petites îles Delaroff.

Le *dodécaédrique rhomboïdal* qui coupe le 170e méridien à l'ouest de Paris par 51°39′23″,12 de latitude N., avec l'orientation N. 80°47′8″,01 E. ou E. 9°12′61″,99 N., passe au nord de l'écueil figuré au sud de la passe de Segouam, de manière à raser au sud l'île Amlia, l'île Atkha, l'île Kanaga, à raser au nord l'île Tannax, une île adjacente et la petite île Illak, à couper l'île Adakh par le milieu de l'intervalle des deux montagnes que la carte y figure, et à sortir de l'Archipel par la plus occidentale des petites îles Delaroff, île étroite et allongée, avec l'axe de laquelle le cercle s'identifie.

La direction de notre cercle est aussi conforme que possible à celle du groupe des îles Andreanoff, mais on pourrait remarquer qu'il y laisse une plus grande masse de terres au nord qu'au sud, et qu'il représenterait mieux encore l'axe médian de cette portion d'archipel s'il était reporté à 10 minutes ou à 19 kilomètres plus au nord, sans changer d'orientation. Dans cette position modifiée, l'arc qui nous occupe passerait par le volcan de Kanaga, dont

M. Léopold de Buch dit qu'il est entouré par une grande quantité de sources chaudes qui jaillissent près des bords de la mer, ajoutant ensuite qu'autrefois les habitants de la contrée recueillaient dans le cratère de cet immense volcan une quantité considérable de soufre. Mais, comme le volcan de Kanaga s'aligne avec trois autres dépendant du groupe des îles Kryei ou du Rat, dans la direction propre à ce groupe, il est douteux qu'il soit essentiel au grand cercle le plus propre à représenter le groupe des îles Adreanoff de passer à Kanaga. Dans la position que le calcul assigne à notre cercle, il laisse au nord tous les volcans des îles Aleutiennes, ceux de la presqu'île Alaska, le mont Saint-Élie, le pic de Beautemps, le mont Edgecombe, ainsi que les volcans de la Californie et du territoire de l'Orégon, et c'est peut-être là la condition normale de son existence. Dans tous les cas, il n'y a pas lieu de supposer qu'il soit à plus de 10 minutes de la position la plus régulière possible, distance peu considérable, et qui est cependant très-appréciable sur la carte si nette de M. Ploix.

En sortant des îles Aleutiennes, le *dodécaédrique rhomboïdal* tteint promptement le point I situé à 5 degrés au sud un peu est de la pointe méridionale du Kamtschatka, presqu'île sur laquelle le catalogue de M. Léopold de Buch ne signale pas moins de douze volcans, dont plusieurs sont très-considérables.

Il chemine ensuite à trois ou quatre degrés au large de la chaîne des îles Kuriles, qui contient à elle seule dix volcans, et va aborder la grande île de Niphon, qui fait partie de l'archipel du Japon, où M. Léopold de Buch signale quatorze volcans au moins, tous en pleine activité.

Tracé sur la carte de l'océan Pacifique par M. Vincendon-Dumoulin, et sur celle de la Mongolie, du pays des Mandchoux, de la Korée et du Japon par M. Klaproth, notre cercle coupe la partie sud-est de l'île de Niphon d'une manière à peu près semblable sur les deux cartes, malgré les nombreuses différences qu'elles présentent dans les détails. Il y entre à 30 ou 35 minutes au

sud de Nakamura et un peu au nord du cap Kennis; il passe à 22 ou 30 minutes au nord-ouest de Yedo, capitale de l'Empire, et un peu à l'ouest du port de Famamatsu, et il s'éloigne de l'île par le cap Idsumosaki, qu'il effleure d'après la carte de M. Vincendon-Dumoulin et qu'il coupe légèrement d'après celle de Klaproth.

Au sud-ouest de Yedo se trouve le volcan de Fusi-no-Yama, qui, d'après M. Léopold de Buch, est la montagne la plus élevée et le volcan le plus considérable de tous ceux du Japon. Il est un peu moins haut que le pic de Ténériffe, mais il ne le cède à aucun volcan par la majesté de son aspect. Son sommet est constamment couvert de neige, et il s'en dégage d'abondantes fumées. Le cône qui, sur la carte de M. Vincendon-Dumoulin, représente le Fusi-no-Yama, est placé à 12 minutes ou 22 kilomètres au S.-E. du *dodécaédrique rhomboïdal*, et sur la carte de M. Klaproth ce cercle y passe exactement. On peut dire, par conséquent, qu'il en passe en tout état de cause à une faible distance.

Le volcan de Fatisio, cité aussi par M. Léopold de Buch, est placé dans une petite île située au sud de notre cercle, mais les douze autres volcans indiqués au Japon restent au nord, ou pour mieux dire au nord-ouest, car, à mesure qu'il se rapproche de l'équateur, ce grand cercle coupe nécessairement les méridiens de plus en plus obliquement.

En s'avançant au sud-ouest à partir du cap Idsumosaki, le *dodécaédrique rhomboïdal* suit la nombreuse série de petites îles qui rattache l'archipel japonais à la grande île chinoise de Formose. Il laisse au nord-ouest la presque totalité de cette fourmilière; cependant il traverse une partie du petit archipel des îles Lou-chou ou Liqueo, et, tracé sur la carte de M. Vincendon-Dumoulin, qui reproduit sur une échelle réduite la belle carte des îles Lou-chou levée et publiée par M. de la Roche-Poncié, il rase au S.-E. les îles d'Ou-sima-kakirouma, d'Oukin, d'Amakinima, et au N.-O. l'île de Lou-chou, la plus grande du groupe auquel elle donne son

nom. Il la détache ainsi des autres en s'insinuant dans un joint de plus de 3 degrés ou 340 kilomètres de longueur, avec une adresse et une précision dont nous avons déjà vu des exemples et qu'on ne revoit jamais sans surprise.

L'île de Soufre, le plus méridional des quatorze volcans japonais énumérés par M. Léopold de Buch, appartient aux îles Lou-chou et reste à 38 minutes ou 70 kilomètres de notre cercle.

Ce même cercle, en continuant son cours, laisse au N.-O. l'île de Formose pour se rapprocher de l'île de Luçon, et dans cet intervalle il traverse la zone des actions volcaniques, qui de l'île de Soufre paraît gagner l'île de Formose, fréquemment ravagée par des tremblements de terre formidables, et qui de Formose se continue par l'île de Luçon et les autres îles Philippines peuplées de nombreux volcans, placés tous désormais, jusqu'à Sumatra, au S.-E. de notre cercle.

Ce cercle ne touche pas Luçon; il passe à 22 minutes ou 41 kilomètres du cap Bangui, angle N.-O. de cette grande île, et il laisse au S.-E., à 32 minutes ou 52 kilomètres de distance, le volcan de l'île Babuyan, le plus septentrional de la longue guirlande des Philippines et des Moluques.

En avançant dans la mer de la Chine, il atteint le point H situé au milieu des écueils et des récifs dont le centre de cette mer est embarrassé, point déjà mentionné plus d'une fois, où il coupe à angle droit le *dodécaédrique rhomboïdal de l'Etna*, qui représente l'axe volcanique de la Méditerranée.

Poursuivant son cours dans la mer de la Chine, notre cercle y traverse l'île Boong-Ooran ou Grande-Natuna, puis, avant d'en sortir, il coupe, à quelques minutes au midi de l'Équateur, la pointe S.-E. de l'île Lingin et rase au S.-E. l'île Pulo-Sinkop. Il aborde ensuite l'île de Sumatra, où il passe au grand volcan de Gunong-Dempo, dont la base est entourée, d'après M. Léopold de Buch, de sources chaudes accompagnées d'autres manifestations extérieures des feux souterrains. Ce volcan, élevé, dit-on, de

3,658 mètres et situé presque exactement aux antipodes du Nœud de los Robles et des volcans de Sotara et de Puracé, fait partie de la guirlande des îles de la Sonde, que notre cercle ne fait que traverser, de même qu'il n'a fait que traverser la grande Cordillère américaine.

Sortant de Sumatra, à 15 minutes ou 28 kilomètres au N.-O. du port célèbre de Bencoolen, le *dodécaédrique rhomboïdal* poursuit son cours à travers l'océan Indien, l'océan Austral et l'océan Atlantique méridional, sans y toucher aucune terre, et va aborder l'Amérique méridionale par la côte du Brésil, où nous avons commencé à le suivre.

Ce grand cercle contient deux arcs terrestres d'une certaine étendue, l'un dans l'Amérique du Sud et l'autre dans l'Amérique du Nord, et d'autres de moindre importance dans le Veragua, le Guatemala, le Yucatan, l'île de Niphon, Sumatra, le tout formant une somme d'environ 88 degrés; cette somme n'est que peu inférieure à la moyenne des valeurs trouvées pour les autres grands cercles principaux que nous avons étudiés; mais elle n'est guère que les $\frac{2}{5}$ de la somme des arcs terrestres du *dodécaédrique rhomboïdal de l'Etna,* qui représente le système de l'axe volcanique de la Méditerranée.

Celui qui vient de nous faire faire le périple presque complet de l'océan Pacifique a l'heureuse chance de traverser des contrées dont, grâce à M. de Humboldt et à MM. les hydrographes des diverses nations maritimes, nous possédons d'excellentes cartes. Nous avons pu y constater que son cours est jalonné avec une étonnante précision, même dans des localités dont le nom était naguère encore très-peu connu. Il s'adapte en même temps d'une manière non moins remarquable aux configurations géographiques générales.

Il est du nombre de ceux qui donnent deux hémisphères extrêmement inégaux sous le rapport de la répartition des terres et des mers. Il sépare, comme on l'a dit ailleurs, la partie la plus continen-

tale du globe terrestre dans sa partie la plus maritime, en suivant, depuis la Bolivie jusqu'à Sumatra, sur une longueur de plus de 200 degrés, le bord de l'océan Pacifique, qui est sur le globe une ligne droite profondément festonnée. Il forme en même temps l'axe de la *longue traînée volcanique des Andes et du Japon.*

J'ai déjà donné différents détails sur ses rencontres avec certains points ou lignes volcaniques; quelques remarques complémentaires trouveront ici leur place naturelle.

A partir du volcan de l'île Babuyan, au nord de Luçon, la bande volcanique des Philippines et des Moluques, dans laquelle M. Léopold de Buch énumère dix-sept volcans [1], se sépare largement de notre cercle. Elle s'étend jusqu'à l'île de Gilolo, dans les parages de laquelle elle se rattache à la bande des îles de la Sonde que notre cercle coupe au Gunong-Dempo et dans laquelle M. de Buch compte quarante-huit volcans, y compris tous ceux de Java et celui de l'île Baren, près des Adamans, dans le golfe de Bengale.

Des Moluques part encore une troisième bande volcanique qui, par la Nouvelle-Guinée et la Nouvelle-Bretagne, s'étend jusqu'au volcan de Tanna, dont les scories ponceuses sont rejetées sur les plages de nos établissements de la Nouvelle-Calédonie, et jusqu'au petit volcan Mathew, situé un peu plus loin vers le sud, sur le primitif de Cuba et du cap Sandy (où la mention en a été oubliée), et qui forme le onzième volcan de cette série.

Ces trois guirlandes, curvilignes en apparence, mais qui, comme celles des îles Aleutiennes, se décomposent, par un examen attentif, en éléments rectilignes, ont leur nœud à la jonction des archipels de la Sonde et des Moluques, non loin du point *b* de Gilolo déjà mentionné précédemment. Leur réunion donne lieu à une figure quelque peu analogue à ces trois jambes assemblées en trépied dont on a fait le symbole de la Sicile (*Trinacria*). Elles sont de longueur fort inégales et les volcans de Babuyan, Baren et Ma-

[1] *Description physique des îles Canaries, etc.* p. 432.

thew en sont les extrémités. M. Léopold de Buch, dans son intéressante carte, ne figure complétement que les deux premières, qui, considérées à part, représentent un crochet ou un hameçon recourbé autour de la partie S.-E. du continent asiatique, dont, suivant l'ingénieuse remarque de l'illustre géologue, il marque la limite souterraine.

La troisième branche, en se dirigeant vers l'île Mathew, se recourbe elle-même autour du continent australien et de ses annexes; car toute cette configuration, quelque bizarre qu'elle paraisse au premier abord, trouve sa raison d'être dans la disposition générale des terres de ces parages, et se rattache aussi d'une manière générale à l'agencement des cercles du réseau pentagonal.

En effet, la zone volcanique en forme de crochet, composée des deux premières guirlandes, par cela même qu'elle se recourbe autour des pointes de l'Asie, se recourbe en même temps autour du point H de la mer de la Chine, et la troisième guirlande, la plus longue de toutes, qui part des environs du point *b* de Gilolo, oscille dans ses inflexions autour de la direction du *dodécaédrique régulier du Sénégal et de la Nouvelle-Guinée*, et semble rayonner du point H de la mer de la Chine, où passe ce grand cercle. Elle se dirige vers le point H de l'Amérique méridionale, antipode du premier, où le même cercle passe également; mais elle est bien loin de l'atteindre, car elle s'étend seulement jusqu'à 65 degrés du premier point H, tandis que l'intervalle qui le sépare de son homologue est de 180 degrés.

Cette considération nous ramène cependant au point H des plaines du Beni, et nous conduit à remarquer que les évents volcaniques qui l'avoisinent présentent, par rapport à lui, une disposition susceptible d'être comparée à celle que nous venons d'observer autour du point H de la mer de la Chine.

Pour le comprendre, il suffit de remarquer que quatre lignes volcaniques, formées de volcans moins nombreux mais plus grands que ceux de l'Indo-Chine, se dessinent dans les Andes de l'Amé-

rique méridionale : celle du Nœud de los Pastos, au S.-O. de Popayan, composée de quatre volcans, Tuquères, Azufral, Cumbal, Chiles, dont la direction est vers le N.-E. un peu N. et qui peut être censée continuée, en se recourbant à l'E., par la Cordillère littorale de Venezuela, célèbre par les ravages qu'y exercent les tremblements de terre; celle de Quito, où M. Léopold de Buch énumère neuf volcans, et dont la direction est N. un peu E.; celle de la Bolivie, où l'illustre géologue énumère dix volcans, et dont la direction est N.-O. un peu N.; enfin celle du Chili, où le même savant compte vingt-quatre volcans, et où la direction est S. un peu O

Les trois premières lignes se dirigent de manière à passer loin du point H des plaines du Beni; suffisamment prolongées, elles forment une portion de polygone qui tourne sa concavité vers ce point et représente un segment de couronne dont il occuperait l'intérieur. On pourrait considérer cette couronne comme entourant le grand massif de roches primitives du Brésil et de la Guyane, de même que son analogue entoure celui de l'Indo-Chine.

La quatrième ligne, au contraire, se dirige très-approximativement suivant un rayon partant du point H. D'après M. Pissis, comme on l'a dit ci-dessus page 26, la direction du *système chilien* auquel se rapporteraient les volcans est la même que celle de la *chaîne principale des Andes du Chili* et de la *Cordillère occidentale du Chili*, qui l'une et l'autre sont parallèles au *primitif du Groënland et du Chili*. Or ce cercle passe par le point H du Beni et par son antipode le point H de la mer de la Chine. Dans l'un et l'autre point, il divise en deux parties égales, de 45 degrés chacune, l'angle droit qu'y forment les deux *dodécaédriques rhomboïdaux* qui s'adaptent aux systèmes volcaniques de la Méditerranée et du Pacifique.

On peut donc considérer la ligne des volcans du Chili comme rayonnant du point H du Beni pour se diriger vers le point H de la mer de la Chine, en obéissant aux lois signalées depuis long-

temps, dans un travail spécial, par M. Ch. Sainte-Claire Deville[1]. Seulement cette ligne suit une voie différente de celle que prend la troisième des lignes volcaniques de l'Indo-Chine, pour se diriger du point H de la mer de la Chine vers le point H du Beni, de sorte qu'elles ne marchent pas directement à la rencontre l'une de l'autre.

Telles sont les analogies et les différences que présentent ces deux points principaux du réseau pentagonal dans leurs rapports avec les foyers volcaniques qui les avoisinent. Ils sont comme les deux pôles ou les deux têtes de la zone de volcans qui entoure, vers l'est, le nord et l'ouest, l'océan Pacifique. Chacun d'eux est ceint, du côté opposé à la masse principale des terres, par un segment de couronne volcanique, et chacun d'eux a projeté dans une direction excentrique un immense appendice, la ligne circum-australienne et la ligne chilienne, qui contribuent à limiter vers le sud le plus vaste océan du globe. Ce sont comme deux bras inégalement ouverts qui tendraient à le resserrer, mais qui sont trop courts pour l'embrasser.

La demi-circonférence de notre *dodécaédrique rhomboïdal*, qui s'étend, par le nord, du point H du Beni, tête américaine de la zone volcanique, au point H de la mer de la Chine, qui en est la tête asiatique, peut être considérée comme l'axe de la zone entière et mérite d'être appelée l'*axe volcanique du Pacifique*.

Les lignes partielles dont cette zone se compose ont déjà été énumérées pour la plupart. Il en est cependant quelques-unes qui restent encore à mentionner. Telle est la ligne des volcans mexicains, au nombre de cinq, qui s'étend des îles de Ravillagigedo au volcan du Tuxtla, situé au S.-E. de la Vera-Cruz, à une médiocre distance de notre *dodécaédrique rhomboïdal* qui traverse le Yucatan.

Telle est encore la ligne ou guirlande des petites Antilles, où

[1] Remarques relatives à une observation de tremblement de terre faite à bord du navire *la Félicie*. (*Comptes rendus*, t. LIII, 1086, séance du 15 déc. 1861.)

M. de Buch énumère dix volcans. Cette petite zone volcanique paraît d'abord isolée, mais on peut la considérer comme liée à la zone principale par la Cordillère de Venezuela et par la chaîne des grandes Antilles, dirigées à peu près de l'ouest à l'est, au sud et au nord de la mer des Antilles, chaînes qui, sans présenter de volcans, laissent éclater la puissance des feux souterrains par la violence des tremblements de terre qui les ravagent fréquemment. La dernière est dans la prolongation de la ligne mexicaine, tandis que la première se rattache aux volcans du Nœud de los Robles et aux volcans isolés du Rio-Fragua et de Tolima, en Colombie.

On peut rattacher encore à la zone circumpacifique le volcan de Narborough dans les îles Galapagos et quelques autres.

La liste paraissait arrêtée, il y a quelques années, à deux cent soixante-deux volcans, mais on en a encore signalé d'autres depuis lors. Toujours est-il certain que, sur les trois cents volcans environ qui sont connus sur la surface du globe, plus des $\frac{5}{6}$ appartiennent à la zone circumpacifique, qui a pour axe notre *dodécaédrique rhomboïdal.*

Ceux de ces volcans qui entourent les deux têtes H de la zone ou qui rayonnent de ces points sont situés, pour la plupart, sur le côté du *dodécaédrique rhomboïdal* qui regarde l'océan Pacifique; les autres sont répartis des deux côtés de ce même cercle en nombre presque égal.

Ces volcans, comme on l'a déjà remarqué plus haut, sont souvent disposés en guirlandes qui paraissent curvilignes, mais qui, étudiées sur des cartes d'une précision suffisante, se résolvent en éléments rectilignes parallèles aux directions des systèmes stratigraphiques des contrées qu'elles traversent : ce qui confirme la remarque déjà consignée ci-dessus page 27, que les volcans se sont alignés entre eux suivant les directions de systèmes préexistants[1].

Aucune, peut-être, de ces directions n'est parallèle au *dodécaédrique*

[1] *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 761 et suiv.

rhomboïdal, mais la dépendance dans laquelle les lignes volcaniques se trouvent par rapport à ce cercle se manifeste par le fait que certains volcans se trouvent placés sur son cours même ou très-près de son cours, comme on l'a vu pour le Sotara, le Fusi-no-Yama, le Gunong-Dembo; par cet autre fait, plus fréquent encore, que certaines lignes volcaniques viennent s'y arrêter plus ou moins exactement, comme on l'a vu pour les lignes de Guatemala, du Mexique, des îles Aleutiennes, etc., et enfin par les rapports signalés plus haut entre la configuration totale de l'ensemble et la demi-circonférence de ce cercle qui joint, par le nord, le point H des plaines du Beni au point H de la mer de la Chine.

Mais cette ébauche demeurerait incomplete si on n'y ajoutait quelques mots sur les volcans qui restent en dehors de la zone circumpacifique.

Les points H des plaines du Beni et de la mer de la Chine sont les pôles du *primitif* de l'Etna dont on s'est servi pour installer le réseau pentagonal, en le faisant passer par l'Etna et par le Mouna-Roua, situé dans l'île Hawaii, l'une des Sandwich. Ce grand cercle passe aussi très-près des volcans de la terre Victoria, dans les régions polaires antarctiques, le mont Érèbe et le mont Terror.

Il passe de même à une médiocre distance du volcan de l'île de Jean Mayen, dans la mer Glaciale arctique, volcan qui est considéré comme le terme extrême de la bande volcanique de l'Islande, dont l'Hécla fait partie; ce qui rattache assez naturellement la ligne des volcans de l'Islande au *primitif de l'Etna*.

Dans la Méditerranée, le *primitif de l'Etna*, comme on l'a dit précédemment, rase le pied du Vésuve et traverse le groupe des îles Éoliennes en passant à de faibles distances de Stromboli et de Vulcano. Ces trois volcans en sont beaucoup plus voisins qu'ils ne le sont de l'axe volcanique de la Méditerranée, ce qui donnerait naturellement l'idée de les rattacher au *primitif*.

L'axe du système volcanique de la Méditerranée, compris dans le *dodécaédrique rhomboïdal* qui en porte le nom, passe à l'Etna et

s'étend de part et d'autre à 30 degrés environ de distance, d'un côté jusqu'au pic de Ténériffe et de l'autre jusqu'au pic de Demavend. Il est placé en marteau ou en potence sur le *primitif de l'Etna*, auquel il est perpendiculaire. Cette disposition pourrait être considérée comme établissant entre l'axe volcanique de la Méditerranée et le *primitif de l'Etna* une relation au moins aussi intime que celle d'après laquelle nous y avons rattaché la ligne volcanique de l'Islande, qui vient simplement s'y terminer.

La relation paraît d'autant plus intime que, relativement aux volcans dépendant du *primitif de l'Etna*, l'axe volcanique de la Méditerranée joue le rôle d'une ligne terminale, car, dans toute l'Afrique et jusqu'au mont Érèbe, situé au delà du pôle antarctique, on ne connaît aucun volcan sur ce grand cercle ou dans son voisinage. On doit d'ailleurs être d'autant plus porté à regarder tout le système volcanique de la Méditerranée comme lié au *primitif de l'Etna* que, sans cela, on aurait à résoudre la question, posée ci-dessus, de savoir si le Vésuve, Stromboli, Vulcano et l'Etna lui-même se rattachent plutôt à l'axe volcanique de la Méditerranée qu'au *primitif de l'Etna*. Or cette question ne pourrait être que fort épineuse, et l'absence de tout indice sur le sens dans lequel elle devrait être résolue est un argument en faveur de l'idée que les deux cercles se rattachent à un seul et même système volcanique.

D'un autre côté, la zone volcanique circumpacifique est placée elle-même en marteau ou en potence sur le *primitif de l'Etna*. Elle lui est perpendiculaire, et elle s'étend de part et d'autre, non plus, à la vérité, de 30 degrés seulement, mais de 90 degrés, d'un côté jusqu'au point H des plaines du Beni, de l'autre jusqu'au point H de la mer de la Chine.

Sauf la longueur de l'axe et le nombre des volcans, la disposition est tout à fait analogue, et il paraît d'autant plus naturel de regarder comme faisant partie d'un tout unique ces diverses lignes de volcans également actifs, ajustées les unes aux autres d'une manière similaire, que, relativement aux volcans de la zone du Paci-

fique, ceux qui sont liés au *primitif de l'Etna* et ceux du système de la Méditerranée ne forment, au total, qu'un faible appoint de *moins d'un cinquième.*

Telles sont les considérations qui, ainsi qu'on l'a rappelé précédemment page 27, ont porté l'auteur de la *Notice sur les systèmes de montagnes*[1] à regarder comme ne formant qu'un seul système volcanique tous les volcans qui se rattachent aux trois cercles trirectangulaires : *primitif de l'Etna* (système du Tenare), *dodécaédrique rhomboïdal de l'Etna* (axe volcanique de la Méditerranée) et *dodécaédrique rhomboïdal* de la grande traînée volcanique des Andes et du Japon (axe volcanique du Pacifique). En fait, les trois cercles qui composent l'assemblage trirectangulaire dont nous venons de nous occuper sont distincts, et il était naturel de commencer par les séparer; mais, en remarquant qu'ils sont perpendiculaires entre eux, on a constaté entre eux un lien étroit qui rend plus naturel encore de les réunir.

Ce système trirectangulaire, formé par un *grand cercle primitif* et par deux *dodécaédriques rhomboïdaux*, ne doit pas être confondu avec les systèmes trirectangulaires, au nombre de cinq, qui sont formés chacun par trois *primitifs*. Chaque *primitif* est coupé perpendiculairement, à des distances de 90 degrés, par deux *dodécaédriques rhomboïdaux*, qui forment avec lui un assemblage trirectangulaire. Chaque système trirectangulaire de trois *primitifs* réunit trois de ces assemblages trirectangulaires mixtes, et le réseau entier en renferme quinze, dans lesquels sont employés les trente *dodécaédriques rhomboïdaux*. C'est l'un de ces quinze assemblages trirectangulaires mixtes qui joue, par rapport aux volcans, le rôle spécial qui vient d'être signalé. Le réseau pentagonal renferme beaucoup d'autres assemblages trirectangulaires, formés de cercles de différentes espèces, et leur rôle géologique mériterait d'être étudié.

Toutes les relations de position qui viennent d'être signalées se

[1] P. 1110.

voient sommairement sur le globe publié par M. Bertrand, avec le réseau pentagonal tracé par M. Laugel; mais, comme une simple feuille de papier est toujours plus facile à manier qu'une sphère, on les saisirait peut-être mieux encore sur un planisphère qu'on dresserait en prenant pour équateur le *dodécaédrique rhomboïdal*, axe volcanique du Pacifique, et pour méridiens les perpendiculaires à ce cercle; on pourrait employer la projection de Cassini ou quelque projection basée sur les mêmes principes, ce qui permettrait d'embrasser une zone beaucoup plus large et d'y comprendre même les volcans de l'Islande et de la Méditerranée, car, ayant surtout à considérer des points assez peu éloignés de deux grands cercles perpendiculaires entre eux, on pourrait éviter les principaux inconvénients de ces projections. Pour comprendre même les vastes appendices divergents dont il a été question précédemment, on aurait à considérer cinq grandes bandes dont les lignes médianes seraient placées sur le papier dans les positions convenables, et à chacune desquelles on appliquerait séparément la projection des cartes plates ou celle de Cassini. Ce serait un procédé représentatif, sinon rigoureusement exact, du moins commode à beaucoup d'égards.

Sur ce planisphère, on réunirait les cartes, publiées séparément par M. de Buch, des différentes lignes ou guirlandes volcaniques, cartes qui, rapprochées de manière à former un ensemble, s'éclaireraient les unes les autres.

L'assemblage de lignes volcaniques figuré sur ce planisphère aurait un aspect assez différent de celui d'un système de montagnes ordinaire, composé, en principe, d'une série de chaînons de montagnes parallèles à un même grand cercle de la sphère. Cela semblerait indiquer que l'avénement de la volcanicité, sous sa forme actuelle, n'a pas été un événement complétement comparable au soulèvement d'un système de montagnes tel que ceux de la Côte-d'Or ou des Pyrénées, et cette différence pourrait ne pas sembler d'un bon augure pour l'avenir de notre planète.

Mais le développement de ce point de vue, esquissé plus d'une fois dans les leçons du Collége de France et de l'École des mines, sortirait de la forme purement géométrique de ce Rapport sur les progrès de la Stratigraphie.

En y rentrant immédiatement, nous aurons à nous demander comment on devra classer les volcans qu'on ne pourrait rattacher à aucune de ces grandes zones qui les comprennent presque tous. Mais d'abord, au système de l'axe volcanique de la Méditerranée, on pourrait rattacher, à cause de leur voisinage des Canaries, les volcans des Açores et ceux des îles du cap Vert. Il ne resterait alors, en dehors du grand système trirectangulaire et de ses appendices, que les volcans de l'Asie centrale, ceux des îles Marianes, le volcan de la Réunion, et un petit nombre d'autres, parmi lesquels on ne doit pas oublier le volcan sous-marin, objet des recherches persévérantes de M. Daussy, situé dans l'océan Atlantique, près de l'équateur, par 22°12′ environ de longitude occidentale et 0°50′ de latitude méridionale. Or il ne faut peut-être rien préjuger d'avance sur les relations que des observations ultérieures pourront révéler, car, lorsqu'on voit le volcan de l'île Baren et celui de l'île Mathew se rattacher aussi naturellement qu'ils le font au point H de la mer de la Chine, on doit concevoir une idée formidable de la puissance de la nature pour propager au loin les effets d'une grande commotion volcanique.

On comprend, du reste, que des questions de ce genre ne sont pas susceptibles d'être traitées, quant à présent, avec autant de rigueur que celle de savoir si tel ou tel cercle de la sphère géologique passe plus ou moins exactement par des points déterminés.

Les remarques qui viennent d'être présentées sur les gisements des évents volcaniques actuellement en activité ont paru nécessaires pour compléter et expliquer ce qui a été dit au sujet des volcans, à la fin de la première partie de ce Rapport, page 26 et suivantes. Peut-être auront-elles ajouté quelque intérêt aux mo-

nographies des deux *dodécaédriques rhomboïdaux* auxquelles elles se rattachent, mais elles ont eu l'inconvénient de les allonger considérablement.

Les monographies des vingt-huit autres *dodécaédriques rhomboïdaux* ne donneraient pas lieu à des digressions aussi étendues. Elles auraient beaucoup de ressemblance avec celles qui ont été données précédemment des trente et un premiers grands cercles principaux du réseau pentagonal, car il a été constaté que ces vingt-huit cercles s'adaptent avec la même précision que les précédents aux accidents orographiques et géologiques de l'écorce terrestre. Chacune d'elles conduirait à conclure que le cercle auquel elle se rapporterait s'adapte d'une manière générale à certaines configurations géographiques et passe avec précision par un certain nombre de points définis. Par conséquent, elles ne changeraient rien d'essentiel aux conclusions établies précédemment, et je crois qu'il y aura peu d'inconvénients à les omettre.

Je préfère les remplacer par les monographies de quelques autres cercles appartenant à d'autres classes, avec lesquelles il peut être opportun de familiariser le lecteur.

LES TRENTE BISSECTEURS IH DES ANGLES DE 60°.

Les grands cercles auxiliaires auxquels il est nécessaire d'avoir recours, comme on l'a dit précédemment page 44, pour représenter les différents systèmes de montagnes, appartiennent à diverses catégories, dans chacune desquelles ils sont au nombre de trente ou de soixante, suivant que leurs pôles sont placés sur les *grands cercles primitifs* du réseau pentagonal ou en dehors de ces cercles.

Les différents cercles auxiliaires sont loin d'avoir tous des relations également symétriques avec les grands cercles principaux du réseau.

L'une des catégories les plus favorisées à cet égard est celle des trente *hexatétraédriques*, conjugués aux *octaédriques*, appelés aussi

bissecteurs IH des angles de 60°. M. Élie de Beaumont leur a consacré une section spéciale dans le tableau des données numériques qui fixent cent cinquante-neuf cercles du réseau pentagonal. Ces cercles y sont divisés en cinq groupes, suivant le système trirectangulaire auquel ils appartiennent. D'après les chiffres du tableau, on peut aisément construire chacun d'eux sur toute la surface du globe.

Les *bissecteurs* IH passent aux vingt points I, centres des vingt triangles équilatéraux, base essentielle du réseau pentagonal. En chaque point I passent trois de ces cercles qui divisent en deux parties égales chacun des trois angles de 60° qu'y forment les *grands cercles primitifs;* de là, leur nom de *bissecteurs des angles de 60°*.

Passant aux points I, pôles des *icosaédriques* ou *octaédriques*, ces bissecteurs sont nécessairement perpendiculaires aux *octaédriques;* ils les coupent aux points H équidistants des points *a* où les *octaédriques* coupent perpendiculairement les *primitifs*. C'est ce qui les fait désigner par la notation IH.

Par chacun des dix diamètres de la sphère qui aboutissent aux points I, opposés deux à deux, passent trois bissecteurs IH, ce qui en donne trente, et par chacun des diamètres qui aboutissent aux points H, opposés deux à deux, passent deux bissecteurs IH, qui, en H, coupent perpendiculairement les octaédriques qui y passent eux-mêmes, ce qui reproduit encore le nombre trente.

Les bissecteurs IH ont pour pôles les soixante points *a*, pris deux à deux, ce qui donne de nouveau le nombre trente.

Sans pousser plus loin l'étude faite ailleurs des relations de ces cercles[1], on conçoit qu'elles sont très-symétriques, et on peut le voir dans le réseau tracé par M. Laugel sur le globe publié par M. P. Bertrand. Les *bissecteurs* IH y sont tous tracés. Ce sont des cercles privilégiés, et la nature les a favorisés presque à l'égal des *grands cercles principaux*, en multipliant sur leur cours les points définissables.

[1] *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 1009.

Je vais en donner un exemple.

Un *bissecteur* IH a pour pôles le point *a* situé au nord de l'Hymalaya oriental dans le Thibet du milieu et son antipode le point *a* situé dans l'océan Pacifique à l'ouest des côtes du Chili.

Ce grand cercle aborde le continent de l'Amérique septentrionale par l'entrée du détroit de Juan-de-Fuca, au nord de la Californie.

Tracé sur la belle carte publiée en 1862, au dépôt des cartes et plans de la marine, d'après les travaux américains et anglais les plus récents, il rase, à deux minutes environ, 3 ou 4 kilomètres de distance, le cap Classet ou Flattery, qui ferme au sud le détroit. Il laisse un peu au large l'écueil que les vaisseaux doivent éviter, et il passe *presque au contact* de l'îlot sur lequel s'élève, en avant du cap, un *phare à feu fixe* (car il y a aujourd'hui des phares sur ces côtes), point qui sans doute a dû être bien placé sur les cartes.

Au delà du détroit de Juan-de-Fuca, notre cercle pénètre dans l'île de Vancouver par le port Saint-Jean, et plus loin il entre sur la terre ferme en côtoyant de très-près, sur une certaine étendue, la rive méridionale de la rivière Fraser, à laquelle des essais de lavage d'or ont donné, il y a peu d'années, un commencement de célébrité.

Il traverse ensuite des régions sans topographie certaine, où il rase l'extrémité septentrionale du grand lac Winnepeg et par lesquelles il arrive à la baie d'Hudson.

Tracé sur les cartes de l'*Hydrographical Office*[1], il entre dans cette mer intérieure en franchissant à son embouchure la rivière Savern, et il en sort en coupant la plus méridionale des petites îles Rocky. Traversant alors le Labrador, où on manque d'éléments pour le suivre, il en sort par le cap Table-Head, situé au nord de la baie du Château, à l'entrée du détroit de Belle-Île qui sépare le Labrador de l'île de Terre-Neuve, et il coupe dans le milieu de ce détroit la petite île de Belle-Île qui lui donne son nom.

[1] *North Atlantic Ocean*, en deux feuilles. 1850.

Il sort ainsi de l'Amérique septentrionale aussi heureusement qu'il y avait pénétré, car les entrées du détroit de Belle-Île et du détroit de Juan-de-Fuca sont deux des points les plus caractérisés de la côte orientale et de la côte occidentale de ce continent.

Laissant au sud le banc de Terre-Neuve et rasant celui qu'on appelle le Bonnet-Flamand, notre *bissecteur* atteint bientôt dans l'océan Atlantique le point H, situé au N.-O. des Açores; il y coupe perpendiculairement l'*octaédrique* de Nijney-Tagilsk.

Poursuivant son cours au S.-E., le même cercle rencontre l'archipel des Açores qu'il traverse en profitant d'un large canal qui le divise en deux parties. Il laisse au S.-O. les îles de Flores, de Corvo, de Fayal, de Pico, de San-Jorge, et au N.-E. celles de Graciosa, de Terceire, de San-Miguel, de Santa-Maria. La ligne de Graciosa à Santa-Maria lui est presque exactement parallèle. Il rase à une faible distance, mais sans la toucher, l'extrémité orientale de San-Jorge.

Laissant ensuite au N.-E. Madère et Porto-Santo, il arrive aux Canaries, où, comme le *dodécaédrique rhomboïdal* de l'Etna, auquel cependant il est presque perpendiculaire, il a la chance singulière de ne rencontrer que l'île principale Ténériffe, et de la couper à peu près par le milieu de la face qu'elle lui présente, c'est-à-dire par le milieu de sa longueur. Tracé sur la belle carte déjà citée de M. Léopold de Buch, il passe à l'extrémité N.-E. de la montagne appelée El-Cuchillo, où la crête centrale commence à s'abaisser rapidement vers le N.-E., et il sépare du massif du S.-O. la partie N.-E. de l'île, au milieu de laquelle se trouve la ville de Laguna, et où le caractère topographique s'altère sensiblement. Il coupe le *dodécaédrique rhomboïdal* sur la plage S.-E. de l'île, au midi de Candellaria, en laissant à l'ouest, près de Guimar, le lieu de la grande éruption de 1705, et, en général, toutes les manifestations extérieures récentes des feux souterrains. Le point d'intersection tombe à environ 15 minutes ou 28 kilomètres à l'E.-N.-E. du pic placé comme il doit l'être, d'après le relèvement de 1837, distance assez mé-

diocre en elle-même et justifiée en quelque sorte par la différence de caractère des deux parties dans lesquelles il divise l'île entière.

Laissant au S.-O. les îles de Palma, Ferro et Gomera, au N.-E. celles de Gran-Canaria, Fuerteventura et Lanzarote, notre cercle divise l'archipel canarien en deux parties à peu près équivalentes, et, rasant de près l'île de Gran-Canaria, il va aborder le continent africain par le cap Bojador.

Ce cap se trouve ainsi lié au cap Table-Head du Labrador par un cercle dont la position se trouve dans un rapport remarquable avec les saillies du sol sous-marin qui accidentent la surface monotone de l'océan Atlantique.

Notre cercle parcourt ensuite la partie la plus occidentale de l'Afrique, en coupant le haut Niger, ou Joliba, un peu au-dessous de la grande inflexion qu'on y figure en aval des villes de Jenne et de Gatia, et il sort du continent un peu à l'E. du cap Saint-Paul, pour entrer dans le golfe de Benin, qui fait partie du golfe de Guinée.

Traversant le golfe de Guinée entre les îles de Saint-Thomas et d'Annobon, il rentre sur le continent africain entre Novo-Redondo et Benguela, et va passer au point I situé près des bords de la rivière Orange, où il divise en deux parties égales l'angle de 60° qu'y forment le *primitif* de l'Etna et le *primitif* de la Floride et de later re d'Arnhem.

Sortant ensuite de l'Afrique par la côte de Natal, il va, à travers le grand océan Austral, joindre le point H situé près de l'angle S.-O. de la terre de Van-Diemen, où il coupe de nouveau à angle droit l'*octaédrique* de Nijney-Tagilsk.

La carte de M. Vincendon-Dumoulin permet de constater que notre *bissecteur* s'adapte avec beaucoup de précision à la topographie de cette grande île. Il y entre par le fond de la baie comprise entre le mont Witt et le cap Rocky, côtoie diverses parties des rivières principales, passe au lac Sorell et à la montagne, sans doute proéminente et arrondie, que les colons anglais ont nommée

le Dôme de Saint-Paul, et sort enfin de la côte orientale par la pointe de Sainte-Hélène.

Se développant ensuite dans le Grand Océan, notre cercle laisse à un degré de distance les derniers récifs qui accompagnent les pointes S.-E. de la Nouvelle-Calédonie, et rase à une distance minime le récif Durand, qui termine au S.-E. la chaîne des îles Loyalty, puis, entre 8 et 9 degrés de latitude sud, le petit groupe des îles Ellice, groupe circulaire et très-bas, probablement d'origine madréporique. Il arrive ainsi aux îles Sandwich ou Hawaii.

Il traverse cet archipel comme celui des Açores, car tel est, paraît-il, son caractère, sans toucher aucune des îles qui le composent. Il suit le large canal qui sépare l'île Atooi de l'île Woahoo, où se trouve le port de Honorurou ou Honolulu, résidence du roi et lieu de réunion du parlement.

Passant bientôt après à un point I, antipode de celui de l'Afrique australe, il va enfin rejoindre, à l'entrée du détroit de Juan-de-Fuca, le phare à feu fixe du cap Flattery, où nous avons commencé à le suivre.

Ce grand cercle contient dans l'Amérique septentionale et en Afrique des arcs terrestres assez étendus, et un autre beaucoup plus court à la terre de Van-Diemen, formant une somme totale de 95 degrés environ. Ce n'est guère plus que le quart de sa circonférence, ce qui serait à peu près la moyenne normale.

Tous ces arcs terrestres, excepté celui de la terre de Van-Diemen, sont situés dans des contrées où il est impossible de suivre notre cercle. Ce qui le distingue, c'est la précision des repères qu'il rencontre dans les parages dont on possède de bonnes cartes marines, phare du cap Flattery, cap et île du détroit de Belle-Île, cap Bojador, pointe de Sainte-Hélène, récif Durand, îles Ellice. Il faut remarquer aussi l'allure particulière avec laquelle il traverse les archipels volcaniques des Açores, des Canaries et des Sandwich.

On peut remarquer cependant que ce cercle ne paraît s'harmoniser avec aucune configuration géographique un peu générale, et

qu'il ne passe par aucune ville de quelque importance. Ce sont pour lui des signes d'une infériorité relative, par rapport à beaucoup des cercles précédents, qui occupent à la vérité un rang plus élevé que lui dans la hiérarchie pentagonale.

On peut douter aussi qu'il représente aucun système de montagnes, et on peut croire que les rencontres précises qu'il fait dans son cours sont dues à de simples relations de symétrie, fait dont on a cité plus haut des exemples, même parmi les grands cercles principaux.

Nous aurions à étudier maintenant les vingt-neuf autres *bissecteurs* des angles de 60°.

Ces vingt-neuf cercles sont compris dans le tracé de M. Laugel, chacun d'eux passant à deux points I et à deux points H. Ils ont été compris au nombre des douze rayons de ceux de ces points principaux, en assez grand nombre, qui ont été placés sur différentes cartes.

Ces deux séries de documents montrent que les cercles dont il s'agit, ou du moins la plupart d'entre eux, s'adaptent avec beaucoup de précision aux accidents orographiques et géologiques des contrées qu'ils traversent. Leurs monographies présenteraient donc le même caractère que les précédentes et conduiraient à des conclusions analogues.

Il sera toujours facile d'écrire et de publier ces monographies, mais il ne me paraît pas nécessaire de les introduire dans ce Rapport, qui ne doit être qu'un résumé, et je suis d'autant plus autorisé à me contenter de les indiquer que, restant toujours à distance des petits pentagones formés par les *octaédriques*, aucun des *bissecteurs* IH ne traverse les parties centrales et occidentales de l'Europe; je préfère passer à des cercles appartenant à d'autres classes.

LES TRENTE BISSECTEURS DH DES ANGLES DE 36°.

Les grands cercles auxiliaires qui divisent en deux parties égales de 18 degrés chacune les angles de 36° que forment aux points D, centres des douze pentagones du réseau pentagonal, les *grands cercles primitifs* du réseau, ne le cèdent en rien aux précédents.

Ils sont nécessairement perpendiculaires aux *dodécaédriques réguliers*, dont les points D sont les pôles, et ils les coupent aux points H, équidistants des points *b*, où ces mêmes cercles coupent perpendiculairement les *primitifs*, ce qui conduit à les désigner par la notation DH. Ils y coupent perpendiculairement les *dodécaédriques réguliers*. A chacun des six diamètres de la sphère qui aboutissent aux douze points D pris deux à deux, correspondent cinq *bissecteurs* DH des angles de 36°, ce qui en donne trente en tout.

A chacun des quinze diamètres qui aboutissent aux trente points H pris deux à deux se rapportent deux de ces mêmes *bissecteurs*, ce qui reproduit le nombre trente.

Les bissecteurs DH ont pour pôles les soixante points *b* pris deux à deux, ce qui donne de nouveau le nombre trente.

Passant aux points H, ces cercles appartiennent à la classe des *hexatétraédriques*, et ils produisent cinq hexatétraèdres conjugués aux dodécaèdres réguliers, et dont les angles sont tels que les dodécaèdres pentagonaux qui en dérivent sont eux-mêmes réguliers. Ils sont classés conformément à cette relation dans la quatrième section du tableau des données numériques qui fixent sur la surface du globe cent cinquante-neuf cercles du réseau pentagonal[1]. L'explication de ce tableau et la *Notice sur les systèmes de montagnes* font connaître en détail les conditions très-particulières de symétrie que les trente *bissecteurs* des angles de 36° remplissent dans

[1] *Comptes rendus*, t. LVII, p. 121, et *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 1007.

l'ordonnance générale du réseau. Ils sont tous compris dans le tracé de M. Laugel.

Ce sont encore des cercles privilégiés que la nature a particulièrement favorisés en multipliant sur leur cours les points définissables. Je vais en citer des exemples.

Un *bissecteur* DH a pour pôles le point *b* qui tombe dans l'océan Indien, au S. E. de l'île de Diego-Ruys, et son antipode le point *b* qui tombe dans l'océan Pacifique, sur les côtes de la Vieille-Californie.

Ce grand cercle aborde l'Afrique par le cap Rouge ou cap Roxo, situé sur la côte de la Sénégambie, à trois degrés environ au sud du cap Vert. Tracé sur les cartes marines françaises et anglaises de ces parages, il passe au cap Roxo et coupe la rivière de Cazamance dans le grand méandre qui précède son embouchure, puis la Gambie au fort de Jillifree. Il traverse enfin le Sénégal à Guédé et Mokhtar-Salam, à environ 10 minutes ou 19 kilomètres au-dessus de Podor, c'est-à-dire vers le point où le fleuve sort de la région montagneuse pour entrer dans les plaines littorales.

Il traverse ensuite le Sahara occidental et pénètre dans l'empire du Maroc. Tracé sur la carte déjà citée de M. Émilien Renou, il coupe la crête de l'Atlas par la haute cime qui domine, au sud, Alemdin, en passant immédiatement à l'ouest d'un défilé qui lui est à peu près parallèle. Il laisse à l'O.-N.-O., à 34 minutes ou 63 kilomètres de distance, la cime dominante de Miltzin. Au nord de l'Atlas, il passe très-sensiblement par la ville de Todla, et, après avoir traversé les montagnes situées au S.-E. de Fez, il entre dans la Méditerranée, près de Nekor.

Il y laisse, à une faible distance à l'E., l'île d'Alboran, formée de roches d'origine éruptive, et, comme on peut le voir sur la carte planche V de la *Notice*, il aborde l'Espagne par le massif du cap de Gates. De là jusqu'en Catalogne il côtoie le littoral ibérien, suivant la direction assignée par M. Vézian, comme il a été dit ci-dessus page 2, à l'article du système du *mont Seny*.

Notre cercle traverse ensuite la France et la Souabe avec beaucoup de coïncidences précises, sur lesquelles on reviendra plus loin, et, franchissant le Necker à Wimpfen, puis le Mein un peu au-dessous de Wurtzbourg, il s'étend dans les plaines de trias de la Thuringe. Il passe à 3 kilomètres au S.-E. de la ville d'Hildburghausen, célèbre par les pas que d'anciens sauriens ou batraciens ont laissés imprimés dans le grès bigarré, effleure l'extrémité S.-E. du Thüringerwald, où il entame légèrement la grande masse de porphyre micacé figurée sur la carte de M. Bernard Cotta. Il en sort près du point où cesse la ceinture de grès rouge, et, suivant la pente nord du Langenberg, trace à peu près la limite N.-O. des schistes et des grauwackes du Frankenwald. Il traverse à Dürnfeld l'extrémité de la ceinture de zechstein du Frankenwald, en côtoyant à une très-petite distance l'affleurement du gypse qui s'y trouve, passe à la proéminence de muschelkalk du Hebelberg, et arrive enfin au point D, centre du pentagone européen, situé près de Remda.

Du point D, notre *bissecteur*, qui divise en deux parties égales l'angle de 36 degrés formé par les *primitifs* de la Nouvelle-Zemble et de Lisbonne, va couper à Blankenhayn la pointe S.-E. de la protubérance de grès bigarré qui s'élève au milieu des plaines de muschelkalk. Il s'adapte, près de Naumburg, à une partie du cours de la Saale, coupe cette rivière, ainsi que l'Elster, à peu de distance de Merseburg, et franchit l'Elbe au-dessus de Wittenberg, au coude que forme ce fleuve près du point où il reçoit sur sa rive droite une autre rivière Elster.

Se développant ensuite dans les plaines sablonneuses du Brandeburg, notre cercle coupe la Sprée à 16 kilomètres au-dessus de Berlin, passe à la protubérance isolée de muschelkalk qui se montre à une petite distance vers l'E. de cette capitale, traverse l'Oder un peu au-dessus du coude qu'il forme près de Frienwald, et va entrer dans la mer Baltique près de la lagune de Leba.

Le *bissecteur*, en se prolongeant, coupe les saillies des côtes de la Courlande et de l'Esthonie, les parties méridionales des golfes de

Riga et de Finlande, ainsi que les dépressions qui renferment les eaux des grands lacs Ladoga et Onega. Il passe à une faible distance au nord de Saint-Pétersbourg.

Tracé sur la carte géologique de la Russie par sir Roderick Murchison, notre cercle, après avoir franchi la Dwina à Süsskaya et laissé au nord, dans le pays des Samoyèdes, la partie de la vallée de la Petchora qui se replie vers l'O.-S.-O., va couper l'Ural un peu au nord du mont Sablin, où la chaîne s'infléchit vers le N.-E. pour former les monts Obdores. Il entre ensuite dans les plaines glacées du nord de la Sibérie, en côtoyant à une certaine distance la partie méridionale du golfe de l'Obi.

Il est facile de tracer approximativement ce cercle sur une carte d'Europe, en joignant par une droite le cap de Gates à Saint-Pétersbourg. En s'adaptant approximativement à la côte S.-E. de l'Espagne et aux contours festonnés des dépressions remplies par les eaux depuis la Prusse jusqu'au golfe de l'Obi, il dessine une des grandes lignes de notre continent.

On manque de détails topographiques pour le suivre dans la Sibérie, d'où il sort par le golfe où tombe la rivière Soui-Foun pour aller à travers la mer du Japon couper la grande île de Niphon, à peu près par son milieu.

Tracé, comme le *dodécaédrique rhomboïdal* de l'axe volcanique du Pacifique, sur la carte de M. Klaproth et sur celle de M. Vincendon-Dumoulin, notre *bissecteur* entre dans l'île de Niphon par la presqu'île que termine au N.-E. le cap de Susumi-Saki, et il en sort par celle que termine au sud le cap Sousaki ou Nagatsura. Il se dirige ensuite vers l'île volcanique de Fatzizio ou Fatsisjo, qu'il traverse d'après la carte de M. Klaproth, et qu'il laisse à 12 minutes dans l'O.-S.-O. d'après celle de M. Vincendon-Dumoulin.

Mais le désaccord des deux cartes est surtout manifeste relativement au grand volcan Fusi-no-Yama : sur la carte de M. Klaproth, notre *bissecteur* passe à 14 minutes à l'O.-S.-O. du volcan, et sur celle de M. Vincendon-Dumoulin, il en passe à 5 minutes à

l'E.-N.-E., ce qui établit une différence de 19 minutes ou 35 kilomètres entre les positions du volcan sur les deux cartes; et sur la première le *bissecteur* coupe le *dodécaédrique rhomboïdal* à 14 minutes à l'O.-S.-O. de la montagne, tandis que sur la seconde l'intersection tombe à 13 minutes au nord. Au milieu de ces contradictions, que des relèvements plus précis du grand pic pourront seuls faire disparaître, il paraît cependant permis de conclure que le point de rencontre des deux cercles tombe à moins de 15 minutes ou 28 kilomètres du Fusi-no-Yama. Ils en construisent la position avec une certaine approximation, qu'on ne peut cependant encore apprécier exactement.

Le *bissecteur* va passer ensuite au point H situé vers la partie septentrionale du petit archipel des îles Bonin-Sima, et s'avance dans l'océan Pacifique jusque vers 10 degrés de latitude méridionale, en évitant toutes les petites îles et les récifs de ces parages. Il rase alors avec la plus grande précision le cap Surville, extrémité orientale de l'île de San-Cristoval, la plus orientale elle-même de l'archipel de Salomon, et il suit une direction exactement parallèle à celle de deux chaînes d'îlots situées au nord de cette grande île, en laissant au N.-E., à une faible distance, l'île des Contrariétés et l'île de Santa-Anna, très-petites l'une et l'autre.

Traversant obliquement les îles Loyalty entre l'île Chabrol et l'île Britannia, et laissant à l'O.-S.-O. la Nouvelle-Calédonie et tous les récifs qui l'accompagnent, notre cercle se dirige ensuite vers la Nouvelle-Zélande, dont il détache vers le N.-E. un segment peu étendu terminé par le cap Wareka-Hoka. Il y entre par le cap qui clôt à l'est la baie d'Abondance, rase le pied sud-ouest de la montagne la plus élevée de cette partie de l'île septentrionale Ika-na-Mawi, et en sort en rasant au nord le cap Gamble.

Plus loin, le *bissecteur* traverse le groupe des îles Chatham. Il y entre par les deux écueils adjacents à l'îlot appelé le Sesterce, coupe, suivant l'un de ses axes, l'île principale, et en sort en rasant au nord l'île Pitt, formant ainsi l'un des diamètres les plus

en harmonie avec la disposition des différentes parties de ce petit archipel.

A partir des îles Chatham, notre cercle traverse les solitudes de l'océan Austral et va passer à 2 degrés au S.-O. du cap Horn, en laissant lui-même au S.-O., mais à une distance beaucoup plus grande, les îles South-Shetland et les terres australes qui les avoisinent.

Il entre enfin dans l'océan Atlantique méridional en laissant au N. O., à 28 minutes de distance, la pointe Fellows, puis le cap Saint-Jean, extrémité orientale de la Terre des États, appendice de la Terre de Feu, et en côtoyant la partie orientale des îles Malouines ou Falkland, qui s'en détachent vers le nord-est.

Il s'adapte à ce groupe d'îles avec une grande précision. Construit sur la belle carte des mers du cap Horn, dressée par M. Vincendon-Dumoulin et publiée au dépôt de la marine en 1843, il suit exactement la côte S.-E. de l'île orientale des Malouines, côte dont la rectilignité générale donne l'idée d'une troncature. Il laisse au large l'écueil Mintey, l'île Beauchêne et un îlot voisin de la pointe Harriett, mais il rase presque rigoureusement le dernier écueil de la petite chaîne du Lion-de-Mer et la pointe de Pembroke, qui est la plus avancée de toutes vers l'est, et à partir de laquelle notre cercle s'éloigne de la terre.

Il va ensuite à travers l'océan Atlantique, où il ne rencontre aucune terre, rejoindre sur la côte de Sénégambie le cap Rouge, où nous avons commencé à le suivre. Il est à remarquer que le *bissecteur* coupe l'équateur par 24° 54′ 39″,47 O., et qu'il passe, par conséquent, dans les parages où existe le volcan sous-marin mentionné plus haut.

Ce grand cercle contient, dans l'ancien continent, un arc terrestre fort étendu, d'environ 116 degrés, formant près du tiers de sa circonférence. Malheureusement, une partie des contrées qu'il traverse sont très-peu connues; mais il dessine une des grandes lignes de l'Europe; il est du nombre de ceux qui traversent l'océan Atlan-

tique d'un cap remarquable à un autre qui ne l'est pas moins, et, dans les parties dont la topographie est bien connue, il rencontre des points de repère très-précis. En dehors de la France, où nous le suivrons plus tard, on en peut citer six particulièrement, dont quelques-uns représentent même des lignes d'une orientation déterminée : le cap Rouge; l'extrémité S.-E. du Thüringerwald; le relèvement isolé du muschelkalk, à l'est de Berlin; le cap Surville avec ses lignes d'îlots; le diamètre de l'archipel Chatham, et le cap Pembroke des îles Malouines. On n'aurait peut-être jamais remarqué, si le *bissecteur* n'avait mis sur la voie, que ces six points sont placés en ligne droite, c'est-à-dire sur un grand cercle, et, à ceux qui seraient tentés de ne voir là qu'un effet du hasard, on pourrait répondre qu'il ne s'agit pas ici de points quelconques, et que, si le *bissecteur* en était légèrement éloigné, par un petit mouvement imprimé à tout le réseau pentagonal, il ne trouverait pas de points également remarquables pour les remplacer et serait réduit à des banalités sans caractère.

La même réflexion pourrait s'appliquer à la plupart des cercles dont nous avons étudié le cours.

Un second *bissecteur* des angles de 36° a pour pôles le point *b* qui tombe dans l'océan Pacifique, près de l'entrée du golfe de Panama, et son antipode le point *b* qui tombe dans l'océan Indien, près de la côte sud-ouest de Sumatra.

Ce grand cercle aborde le continent de l'Afrique par les embouchures du Niger, et, après avoir remonté, dans une certaine étendue, la vallée de ce grand fleuve, il traverse le Soudan, le Sahara, la régence de Tunis, et entre dans la Méditerranée par le cap Blanco, près de Bizerte.

Tracé sur les cartes marines françaises et anglaises de la Méditerranée, il côtoie, à 13 minutes ou 24 kilomètres de distance, la côte orientale de la Sardaigne, formée de roches cristallines anciennes, en suivant une direction parallèle à celle de cette côte, direction qui n'est pas tout à fait la même que celle de l'ensemble

du groupe des îles de Corse et de Sardaigne. Plus loin, il rase, à l'ouest, à moins d'une minute de distance, un kilomètre et demi environ, la petite île granitique de Monte-Christo, et il coupe l'île d'Elbe par le golfe dell' Acqua et la pointe Bianco, en laissant à l'est, à un kilomètre environ de distance, sur une ligne presque droite et parallèle à sa direction, la pointe Stella, le mont Loretto, le promontoire qui porte la ville de Porto-Ferrajo et l'îlot Scoglietto.

Il aborde ensuite la terre ferme de l'Italie par la proéminence serpentineuse de Rosignano, rase à l'est la ville de Pise et le massif de marbre calcaire de Carare, coupe le Pô dans la grande courbure que forme son cours à l'ouest de Guastalla, et, traversant le champ de bataille de Solferino, il pénètre dans le lac de Guarda par la pointe calcaire qui y entre du sud au nord, à l'est de Desenzano.

En Tyrol, il parcourt, dans son plus grand développement, la vaste expansion de roches cristallines anciennes qui s'avance au midi, entre l'Adige et l'Oglio, et qui forme la crête des Alpes entre l'OEtzthal et le col carrossable de Heyden; puis il coupe l'Inn à Imst, à sa sortie d'un long défilé.

En Allemagne, il coupe le Danube à son confluent avec le Lech, côtoie la vallée de la Regnitz, passe au sud de Cobourg, à la pointe extrême des plateaux calcaires de la Franconie, et arrive au point D, près de Remda, centre du pentagone européen, par la saillie que forme au nord, près de Leutnitz, la ceinture permienne de Frankenwald.

Plus loin, le *bissecteur* DH coupe la pointe orientale des terrains schisteux du Hartz; puis la saillie que forme le terrain de schistes et de grauwackes à l'ouest de Magdebourg, et traverse, dans leur plus grande largeur, par les îles de Laaland et de Zélande, les craies du Danemark.

Dans la Scandinavie, après avoir coupé le Gotha-Elf près des cascades célèbres de Trœlhalta et passé à l'O. du lac Vener, il traverse les terrains anciens parallèlement à l'une des directions que

les lacs et les rivières y dessinent. Il sort de la Norwége en coupant l'octaédrique de l'île d'Hindoë en un point où le coupent aussi d'autres cercles dont il sera question ultérieurement, et ce point de croisement remarquable tombe à la naissance de la chaîne des îles Loffoden, dans l'île granitique d'Hindoë, que le bissecteur traverse parallèlement au bord des terrains schisteux, tel que M. Keilhau l'a figuré dans ses remarquables cartes géologiques.

Tracé sur la carte anglaise des mers polaires, il rase à l'est dans la mer Glaciale, à environ 19 kilomètres de distance, la petite île Cherry, dont la masse isolée est formée, d'après M. Durocher, par des grès et des calcaires à *productus* appartenant probablement à la période carbonifère. Il rencontre ensuite le Spitzberg, formé lui-même de roches anciennes, dont les plus récentes sont encore des grès et calcaires à *productus*. Il dessine l'une des directions principales de ce groupe d'îles, presque enseveli sous des neiges éternelles.

Tracé, outre la carte des mers polaires, sur la carte générale du Spitzberg jointe au plan de la baie de Bell-Sound levé en 1838 par les officiers de la corvette *la Recherche*, ainsi que sur la carte publiée par M. Malte-Brun d'après celle de MM. Durier et Nordenskjold, il coupe la Terre des États, partie S.-E. du groupe entier, et il rase la terre du N.-E. à une distance qui, sur les trois cartes, varie de 0 à 15 minutes du méridien, c'est-à-dire de 0 à 28 kilomètres, mesure de l'écart maximum des trois cartes, et dans tous les cas assez médiocre.

Il entre alors dans les solitudes polaires, où il coupe, à 3°3′29″,08 ou 340 kilomètres du pôle, le méridien situé à 95° 8′25″,75 à l'est de Paris, et où il parcourt près de 25 degrés dans des régions tellement inconnues qu'on ignore même si elles sont entièrement couvertes de neige et de glace, ou si elles ne présentent pas, dans quelques parties, une mer libre.

Au sortir de la mer Glaciale, il aborde la Sibérie orientale, à

l'est de Jakan et un peu à l'ouest du cap Nord, pour en sortir par la baie Krista ou de Sainte-Croix, dont il entame très-légèrement la côte occidentale.

Traversant ensuite le golfe d'Anadir et la mer de Behring ou du Kamtschatka, il va couper la chaîne des îles Aleutiennes par l'île d'Adakh, où il rencontre le *dodécaédrique rhomboïdal*, axe volcanique du Pacifique, en un point où passent aussi un second *dodécaédrique rhomboïdal* et un second *bissecteur* DH, ce qui en fait un point de croisement important. Construit sur la carte déjà citée de M. Ploix, ce point tombe dans l'intérieur et presque au milieu de l'île d'Adakh, et notre *bissecteur* passe par la plus méridionale des deux montagnes qui s'y élèvent, pour sortir de l'île par sa pointe méridionale, adaptation remarquablement précise.

Entrant alors dans l'océan Pacifique, notre cercle atteint bientôt un point H où il coupe perpendiculairement le *dodécaédrique régulier* du cap Corrientes et de Singapour. Tracé sur la carte déjà citée de M. Vincendon-Dumoulin, il va raser de très-près les petites îles de Hull, du Duc-d'York et du Duc-de-Clarence, et traverser, par 14 degrés de latitude méridionale, le groupe des îles Samoua ou des Navigateurs. Il y coupe l'île Opoulou, l'une des principales, à peu près par son milieu, en y entrant par la pointe Apia, qui s'avance au nord à sa rencontre.

Dans tout l'océan Pacifique, il ne touche aucune autre terre, et, passant près du pôle austral, où il coupe peut-être des terres encore inconnues, il entre dans l'océan Atlantique pour venir, en passant, dans le golfe de Guinée, entre les îles de Fernando-Po et du Prince, rejoindre les embouchures du Niger, où nous avons commencé à le suivre.

Ce grand cercle contient en Afrique et en Europe des arcs terrestres de médiocre étendue et un autre beaucoup plus petit dans la Sibérie orientale, formant une somme totale d'environ 65 degrés, c'est-à-dire égale seulement à un peu plus du sixième de sa circonférence; mais il pourrait contenir en outre, dans les régions glaciales

arctiques et antarctiques, une somme d'arcs terrestres de 50 degrés. On ne peut donc faire aucune remarque précise sur l'étendue de ses arcs terrestres, et, à l'exception de l'Europe, où nous l'avons suivi en détail, on ne peut rien dire de son adaptation aux parties intérieures des continents; mais nous avons vu qu'il trouve sur certaines côtes et dans quelques îles des points de repère très-précis : son adaptation au cap Blanc de la côte de Tunis, à Monte-Christo, à l'île d'Elbe, à l'île d'Indoë, à la pointe méridionale de l'île d'Adakh, à la pointe septentrionale de l'île Opoulou, mérite d'être remarquée et permet de le placer au nombre des cercles bien jalonnés par les accidents orographiques et géologiques.

Il resterait à étudier, à l'instar des deux précédents, les vingt-huit autres *bissecteurs* DH. On peut suivre ces cercles sur le tracé de M. Laugel, où ils sont tous figurés. Faisant partie des dix ou des douze rayons de chacun des points D ou des points H, dont un grand nombre ont été placés sur différentes cartes, ces cercles ont déjà été éprouvés, et on a la certitude qu'ils s'adaptent exactement, au moins pour la plupart, aux accidents orographiques de la surface du globe. Les vingt-huit monographies qu'on pourrait en faire auraient donc la même forme et les mêmes conclusions que les trente-six monographies qui précèdent, et ne pourraient que confirmer le résultat général qui s'en déduit.

Mais, au point où nous sommes arrivés, peut-être y aurait-il plus de monotonie que d'utilité dans l'accumulation de documents qui se ressemblent tous plus au moins, et, afin de ne pas trop allonger ce Rapport, je supprime ces vingt-huit monographies.

Je passe à des cercles appartenant à des catégories différentes.

CERCLES AUXILIAIRES DIVERS.

Le tableau des données numériques qui fixent cent cinquante-neuf cercles du réseau pentagonal publié par M. Élie de Beaumont

en 1863[1] contient une cinquième section intitulée : *Cercles auxiliaires divers*. Cette dénomination embrasse en principe tous les cercles du réseau, au nombre de plusieurs milliers, qui ne sont pas compris dans les six séries précédentes; ils appartiennent eux-mêmes à différentes séries de trente ou de soixante cercles chacune.

Le tableau contient seulement trente-huit de ces cercles; ce sont ceux dont l'auteur avait eu l'occasion de calculer les données numériques en diverses occasions et pour différents motifs. Tous ces cercles ont été essayés, et aucun d'eux n'a été trouvé insignifiant. On pourrait en ajouter et en essayer beaucoup d'autres, sans autre peine que de calculer, par la méthode indiquée, les données numériques qui les fixent sur la surface du globe.

Beaucoup de ces cercles, sans aucun doute, présenteraient de l'intérêt sous le rapport de leur adaptation aux inégalités de l'écorce terrestre; mais je ne puis m'étendre ici sur ce sujet.

Je me borne à donner comme exemples les monographies d'un petit nombre de ces cercles, que je choisis d'après des considérations que leur étude mettra suffisamment en évidence.

Trapézoédrique TD*b du cap Bon.*

Un cercle *auxiliaire* TD*b*, de la classe des *trapézoédriques*, passe au point T de la mer de Kamtschatka, au point D, centre du pentagone européen, près de Remda, et au point *b* situé en Afrique dans le Benin.

Ce grand cercle passant aux points D, T et *b*, qui viennent d'être indiqués, ses pôles se trouvent sur les trois cercles dont ces points sont eux-mêmes les pôles, savoir : sur le *dodécaédrique régulier* du cap Corrientes et de Singapour, sur un *dodécaédrique rhomboïdal* et sur un *bissecteur* DH, et par conséquent aux intersections de ces trois cercles. Ces trois cercles concourent, en effet, en deux points

[1] *Comptes rendus*, t. LVII, p. 129, séance du 20 juillet 1863.

qu'on trouve aisément dans le tracé de M. Laugel; l'un un peu au sud de l'équateur, dans l'île de Sumatra, près du mont Ophir ou Berapi; l'autre un peu au nord de l'équateur, sur la côte occidentale de l'Amérique du sud, près du cap San-Francisco.

Il existe cent vingt intersections semblables, une dans chacun des cent vingt triangles trirectangles du réseau ; par conséquent il existe soixante auxiliaires TD*b*. Celui que nous considérons, et qu'on peut suivre dans le tracé de M. Laugel, entre sur le continent africain près de la pointe de Banda, au sud de Mayamba, traverse le Gabon, le Benin, le Soudan, le Sahara, et, comme on peut le voir sur la carte planche V de la *Notice*, entre dans la Méditerranée par le golfe de Kabès.

Tracé sur les mêmes cartes marines françaises et anglaises que le *bissecteur* DH, le *trapézoédrique* TD*b* tronque légèrement l'île Djerbah, passe dans l'étroit intervalle que laissent entre elles les deux îles Kerkenni, tronque légèrement le cap Burdj-Kadja, rase les petites îles Kuriat, tronque encore légèrement le cap Raz-el-Mustapha, en face de l'île de Pantellaria, et rase enfin, à une distance presque inappréciable, la pointe orientale du cap Bon. Il s'adapte, en un mot, avec toute la précision possible à cette profonde dentelure des rivages de l'Afrique qui, en coupant du nord au sud le territoire de la régence de Tunis, prolongation du Tell algérien, permet aux eaux de la Méditerranée de s'étendre vers Tripoli et la grande Syrte.

Passant ensuite à l'ouest de la Sicile et de l'îlot calcaire Maritimo, et s'étendant dans la mer Tyrrhénienne, notre cercle s'approche de l'Italie en coupant la petite île calcaire Giannuti et en tronquant légèrement la pointe occidentale du Monte Argentaro, calcaire lui-même et bien connu des touristes qui parcourent les côtes d'Italie.

Le *trapézoédrique* TD*b* aborde la Toscane par Albarese et Grossetto, traverse la région métallifère en laissant un peu à l'E. Sienne et Florence, coupe les Apennins au mont Fo, puis, traversant le

célèbre quadrilatère, il aborde les Alpes en coupant la masse la plus occidentale des basaltes du Vicentin.

Côtoyant d'aval en amont les sinuosités de la vallée de l'Adige, il passe à Trente et à Meran en laissant à l'est les porphyres de Botzen ainsi que les mélaphyres et les dolomies de la vallée de Fassa, franchit la crête centrale des Alpes à l'est du Brenner, par les Stüben-Ferner, dans une partie où les roches cristallines anciennes occupent beaucoup moins de place que sur le cours du *bissecteur* DH étudié précédemment, et sort enfin du Tyrol par le nord, en passant un peu à l'ouest du passage de Seefeld.

En Allemagne, où notre cercle passe un peu à l'est de Nuremberg, il se rapproche beaucoup du *bissecteur*, et, passant comme lui à la saillie de la ceinture permienne du Frankenwald qui s'avance au nord vers Leutnitz, il va concourir avec ce grand cercle au point D, centre du pentagone européen, près de Remda, où il le rencontre et le traverse sous une incidence de 4° 23′ 10″,23.

Au delà du point D, le *trapézoédrique* TD*b*, s'écartant par degrés du *bissecteur* vers l'ouest, coupe d'abord comme lui la partie orientale du Hartz, mais il ne rencontre plus le massif de schistes et de grauwacke de Magdebourg, et il franchit l'Elbe près du point où un lambeau de terrain tertiaire vient former sa rive orientale. Il coupe les craies du Danemark par l'île Femern et par les côtes occidentales de l'île de Laaland et de l'île de Zélande, dont il sort par le cap Gniben.

Il pénètre en Norwége au milieu des roches éruptives variées qui entourent la pointe du golfe de Christiania, rase la masse de roches éruptives de Tydal ainsi que le fond du fiord de Drontheim, et entre dans l'Océan par l'embouchure du Folden-Fiord, pour aller couper l'extrémité de la chaîne des îles Loffoden, où il passe dans le célèbre tourbillon du Malstrom. Il laisse seulement à l'ouest les îlots Vœroë et Rost, qu'il laisserait même à l'est, avec le reste de l'archipel, d'après la carte de M. Keilhau. Cet archipel, qui forme un trait si remarquable des côtes de la Scandinavie, se trouve ainsi

compris, à peu près en entier, entre le *bissecteur* DH et le *trapézoédrique* TD*b*, qui marquent ses deux limites orientale et occidentale.

Il en est à peu près de même du Spitzberg. Tracé sur la carte anglaise des mers polaires et sur les cartes spéciales du Spitzberg, déjà citées, qui s'accordent mieux ici que dans la partie du nord-est, notre cercle côtoie obliquement la côte occidentale de cet archipel glacé, et l'aborde par la Pointe-Noire, extrémité méridionale de l'île du Prince-Charles. Il en sort ensuite par le cap qui s'avance vers le nord, à l'est de Red-Bay et de la baie du Smerenberg, en laissant à l'ouest la plus grande partie des montagnes de la baie de la Madeleine et à l'est les plaines de la Terre des Rennes et de la Nouvelle-Frise, ce qui constitue une adaptation particulière à l'orographie de la contrée.

S'engageant presque immédiatement dans les banquises, notre cercle va couper à 0° 17′ 10″,12, ou 32 kilomètres du pôle, le méridien situé à 98° 32′ 29″,47 à l'est de Paris, et se dirige par les déserts polaires vers l'entrée du détroit de Behring, où il entre en rasant avec précision le cap Est de l'Asie, limite occidentale du détroit.

Tracé sur la carte déjà citée de M. Ploix, le *trapézoédrique* TD*b* entame ce même cap Est d'une largeur égale à une minute et demie, 2 à 3 kilomètres. C'est une légère discordance entre les deux cartes, discordance qui n'a pas lieu de surprendre lorsqu'il s'agit de parages aussi brumeux que l'entrée de la mer Glaciale.

Dans la mer de Behring ou du Kamtschatka, notre cercle coupe l'île Saint-Laurence, ou île Clerke, avant d'arriver au point T où il est assujetti à passer.

Ensuite, d'après la carte de M. Ploix, il traverse le petit archipel des îles Pribylov, en rasant avec une grande précision la pointe orientale de l'île Saint-Paul et la pointe occidentale de l'île Saint-Georges.

Il entre enfin dans l'océan Pacifique en coupant la chaîne des îles Aleutiennes. Il y traverse, à l'ouest d'Oumnak, le petit groupe

d'îles appelé les Quatre-Montagnes, en laissant deux des îles à l'ouest et deux à l'est, quoique les deux îles méridionales, entre lesquelles il passe sans les toucher, soient très-voisines l'une de l'autre ; c'est une adaptation aussi précise que celle du *bissecteur* DH à l'île d'Adakh, et elle est d'autant plus remarquable que les îles des Quatre-Montagnes sont situées à l'un des points où la chaîne des îles Aleutiennes change légèrement de direction.

Dans l'océan Pacifique, notre cercle coupe bientôtle *dodécaédrique régulier* du cap Corrientes et de Singapour, qui a pour pôle le point D, près de Remda. Il le coupe perpendiculairement à une distance de 4° 23′ 10″,23, ou 598 kilomètres, du point H, où passe le *bissecteur* DH, distance correspondante à l'angle que les deux cercles forment entre eux au point D.

D'après la carte de M. Vincendon-Dumoulin, notre cercle traverse tout l'océan Pacifique sans y rencontrer aucune terre. Passant ensuite à 32 kilomètres du pôle austral, il entre dans l'océan Atlantique, où, sans toucher à aucune île, il vient rejoindre, au sud du Gabon, la côte d'Afrique, où nous avons commencé à le suivre.

Ce grand cercle contient une somme d'arcs terrestres peu différente probablement de celle que renferme le bissecteur DH du cap Blanc, mais également incertaine. Comme ce dernier, il est très-bien jalonné par un certain nombre d'accidents orographiques qu'il rencontre avec beaucoup de précision.

Il est à remarquer que les jalons naturels des deux cercles sont parfaitement distincts. Chacun des deux cercles a donc une existence indépendante de celle de l'autre. Malgré le peu d'intervalle qui les sépare et la petitesse de l'angle qu'ils forment entre eux, 4° 23′ 10″,23, on ne peut les confondre l'un avec l'autre, ni les substituer l'un à l'autre, ni les remplacer par un cercle occupant une position moyenne entre les deux. C'est surtout pour mettre ce fait en complète évidence que j'ai placé ici la monographie du *trapézoédrique* T D *b* du cap Bon.

Trapézoédrique TD*b du volcan de Guatemala.*

Un autre *trapézoédrique* TD*b*, homologue exact du précédent, et compris dans la même série de soixante cercles, passe au point T situé à l'extrémité N.-O. des îles Lucayes, au point D, centre du pentagone européen, près de Remda, et au point *b* situé à l'entrée du golfe Persique. Il a pour pôles deux intersections triples, situées l'une dans l'océan Pacifique, à l'est-sud-est du Japon, l'autre dans l'océan Atlantique méridional, près de l'île de Tristan-d'Acunha.

Tracé sur la carte de l'océan Pacifique par M. Vincendon-Dumoulin, ce grand cercle aborde le continent américain par la côte de l'État de Guatemala, où il entre en rasant au nord-ouest le redoutable volcan de ce nom. Il laisse au sud-est, à 14 et à 15 minutes de distance (28 et 30 kilomètres), la ville ruinée appelée Antigua Guatemala, que les ravages du volcan ont fait abandonner, et la ville actuelle de Guatemala, qui a été substituée à la première et qui forme la capitale de l'État.

Il sort du continent par le territoire de la colonie anglaise de Honduras, en passant un peu au nord du port de Belize, et, par l'étroit passage séparant l'île d'Ambergris-Cay du cap qui lui répond, il entre dans la mer des Antilles, où il rase le récif appelé le Triangle du Nord. Il aborde bientôt l'île de Cuba, entre le cap San-Antonio et le cap Corrientes, et, après en avoir côtoyé intérieurement la côte nord-ouest, il en sort par le banc des Colorados pour traverser l'entrée du canal de la Floride. Il coupe ensuite le récif de la Floride, près de l'extrémité de la chaîne d'îlots où se trouve le port de Cay-West, tronque les plaines basses de l'extrémité de la presqu'île, et, après avoir traversé le canal par lequel débouche le *Gulf Stream*, il rase avec précision la pointe septentrionale des récifs de Matanilla, extrémité de la grande chaîne des îles Lucayes ou de Bahama, et arrive enfin au point T où il est assujetti à passer.

Au delà du point T, notre cercle, suivant à peu près la direction du *Gulf Stream*, côtoie à 4 ou 5 degrés de distance les côtes des États-Unis et de la Nouvelle-Écosse, en laissant la crête des Alleghanys, dans la Virginie et la Pensylvanie, à 7 ou 8 degrés, c'est-à-dire environ 800 kilomètres dans le nord-ouest.

Il coupe la partie méridionale du grand banc de Terre-Neuve, en passant à environ 10 minutes ou 19 kilomètres au sud-est des écueils appelés Virgin-Rocks, qui sont son dernier point d'attache avec les côtes américaines, et, traversant l'océan Atlantique dans la région où est immergé le grand câble électrique, il va aborder la côte occidentale de l'Irlande au sud de la baie de Galway. Il y pénètre par le petit archipel calcaire des îles d'Aran, où il coupe dans sa partie méridionale l'île principale, Illamore.

Tracé sur la belle carte géologique de l'Irlande par M. Griffith, où on n'a pas omis de tracer les méridiens et les parallèles, il coupe la grande rivière Shannon à la limite septentrionale du lac Lough-Derg, et traverse, dans leurs parties les plus élevées, les petites montagnes calcaires situées au sud de la baie de Galway, les montagnes de Slieve-Boughta, formées de vieux grès rouge, et les montagnes de Slieve-Bloom, formées de roches carbonifères. Il passe ensuite sur la croupe septentrionale et à 2 minutes ou 4 kilomètres environ de la cime du mont Lugnaquilla, déjà cité comme l'un des jalons de l'octaédrique du Mulehacen, et il sort de l'Irlande en traversant la ville de Wicklow et en passant à moins d'une minute, ou environ un kilomètre, au nord du phare de Wicklow-Head.

Il aborde bientôt après la Grande-Bretagne, en coupant à son extrémité septentrionale la masse de serpentine de la pointe de Caernarvon, passe dans les parties les plus élevées du Pays de Galles, au nord des montagnes de Cader-Idris et d'Arran-Fowddy, et entre dans l'Angleterre proprement dite près de Llanymynech et de la terminaison méridionale de la zone de calcaire carbonifère du Flintshire.

Coupant ensuite les extrémités septentrionales des terrains houil-

lers de Coal-Brook-Dale, du Staffordshire et de Coventry, il passe au milieu des petites protubérances de syénite qui s'élèvent au midi de Leicester, et va entrer dans la mer du Nord près de Southwold.

Sortant de cette mer vers les embouchures de la Meuse, et passant près de Rotterdam, de Wesel et de Dortumund, il arrive au point D, centre du pentagone européen, près de Remda, en entamant légèrement la saillie de roches schisteuses des bords de l'Eider, et en tronquant d'une minute et demie seulement (2 à 3 kilomètres), au midi d'Eisenach, la terminaison N.-O. du Thüringerwald. Comme on l'a déjà vu, le *bissecteur* DH d'Alboran effleure de même son extrémité sud-est, de telle sorte que le Thüringerwald se trouve encadré très-approximativement, entre le *bissecteur* DH d'Alboran et le *trapézoédrique* TD*b* du volcan de Guatemala. Ce fait vérifie de nouveau la remarque faite précédemment, page 63, que les chaînes de montagnes s'arrêtent très-fréquemment à la rencontre de l'un des cercles principaux ou auxiliaires du réseau pentagonal.

Sur la carte géologique de la Saxe, le *trapézoédrique* TD*b* traverse la ceinture permienne de l'Erzgebirge par la saillie qu'elle forme à l'O. de Possneck, passe à Auerbach et à Wildenthal, en s'adaptant à certains accidents des contours des masses granitiques et stannifères, effleure les protubérances de basalte et de serpentine situées au S.-O. de Gottesgabe, et entre finalement en Bohême en coupant la rivière d'Eger vers le point où, sur ses bords, le granite succède au basalte.

En Bohême, notre cercle passe approximativement à Prague, en côtoyant à de faibles distances différents contours géologiques, notamment la limite N.-N.-E., des roches primitives de la Bohême méridionale et de la Moravie. Dans la partie métallifère de la Hongrie, le même cercle passe à peu de chose près à Neusohl et marque la limite N.-N.-E. du grand massif trachytique de Schemnitz.

Traversant ensuite les principautés danubiennes, notre cercle rase au nord la protubérance de roches anciennes qui forme le noyau de la Dobrutscha, et pénètre dans la mer Noire par les embouchures du Danube. On peut le tracer très-approximativement sur une carte d'Europe en joignant par une droite Rotterdam à Galatz.

Le *trapézoédrique* TD*b*, après avoir traversé la mer Noire, aborde la côte septentrionale de l'Asie Mineure en passant à 4 minutes ou 7 kilomètres environ au large du cap trachytique qui se détache en avant de Sinope et sur lequel s'élève le fort Nasikeuï. Il laisse à 6 minutes ou 11 kilomètres de distance, sur une ligne parallèle à son cours, la ville même de Sinope et le cap Jndjé-Bouroun.

Construit avec précision sur les belles cartes orographique et géologique de M. Pierre de Tchihatchef, notre cercle coupe la pointe du Delta très-saillant que le Kisil-Irmak projette dans la mer Noire, et, laissant au S.-S.-O., à 10 minutes ou 19 kilomètres de distance, le port de Samsoun, bâti au milieu des trachytes et des dolérites, il entre définitivement sur la terre ferme par le delta du Yeschil-Irmak.

Laissant au N. les basaltes du cap Lasoun-Bouroun et du cap Voona, il s'avance ensuite au milieu des massifs de roches éruptives qui accidentent ces contrées, où elles se conforment fréquemment à sa direction, et entre en Arménie, un peu au S. des montagnes doléritiques du Katé-Dagh et du Tchaptany-Dagh.

Après avoir coupé le cours supérieur de l'Euphrate, notre cercle, laissant au N.-E. le lac de Van, et au S.-E. le cours entier du Tigre, suit la région montueuse qui sépare la Mésopotamie de la Perse, et passe en Perse un peu au S.-O. de Chiraz. Il atteint ensuite le point *b* situé dans la partie orientale du golfe Persique, coupe le cap Mocandon, pointe de l'Arabie qui en resserre l'entrée, détache une étroite lisière du détroit d'Ormuz, et, passant à l'entrée du port de Mascate, il rase la côte de l'Arabie jusqu'au cap Raz-

el-Gat ou Raz-el-Had, qu'il laisse au S.-O. à un petit nombre de minutes de distance.

Traversant en entier la mer d'Oman, notre cercle va couper, dans sa partie septentrionale, l'archipel madréporique des îles Maldives, et poursuit son cours dans l'océan Indien et l'océan Austral, en laissant au nord le continent australien, la terre de Van-Diemen et l'île de la Compagnie-Royale.

Au midi de la Nouvelle-Zélande, il passe à un demi-degré au S. de l'île Campbell, et ne laisse au S. que l'île et l'îlot appelés le Juge et son Clerc, la colonie pénitentiaire de l'île Macquarie, l'île et l'îlot appelés l'Évêque et son Clerc et les terres australes, qui sont à une grande distance.

Parcourant enfin les parties les plus désertes de l'océan Pacifique, il va rejoindre, au pied du volcan de Guatemala, la côte de l'Amérique centrale, où nous avons commencé à le suivre.

Ce grand cercle renferme dans l'ancien continent un arc terrestre d'une certaine étendue, interrompu par la mer d'Irlande, la mer du Nord et la mer Noire, et, dans le nouveau monde, un autre arc terrestre beaucoup plus court, le tout formant une somme d'environ 48 degrés, c'est-à-dire égale à moins du septième de sa circonférence. Sous ce rapport, il se rapproche beaucoup de l'*octaédrique* du mont Sinaï, qu'il côtoie en quelque sorte et avec lequel il peut jusqu'à un certain point rivaliser sous le rapport de la manière dont il partage le globe en deux hémisphères.

Mais il ne faut jamais oublier que les deux cercles sont très-distincts. Dans l'Asie Mineure, le *trapézoédrique* TD*b* coupe perpendiculairement le *dodécaédrique rhomboïdal* qui passe au point *c* de l'Égypte, situé au nord de la vallée des lacs Natron, où lui-même il coupe perpendiculairement l'*octaédrique* du mont Sinaï. Ce *dodécaédrique rhomboïdal* a, en effet, pour pôles les deux points T où le *trapézoédrique* TD*b* et l'*octaédrique* se rencontrent, et il joue par rapport à ces deux cercles le même rôle que l'équateur par rapport aux méridiens. Ces deux mêmes cercles ont leurs tangentes paral-

lèles entre elles aux points d'intersection qui sont éloignés de 11°39′29″,77, arc dont l'expression est la même que celle de l'angle formé aux points T par l'*octaédrique* et le *trapézoédrique* TD*b*.

Nous avons vu que ce dernier s'adapte avec une certaine précision à un assez grand nombre de points plus ou moins remarquables : le volcan de Guatemala, les Virgin-Rocks, le mont Lugnaquilla et le cap Wiclow, l'extrémité N.-O. du Thüringerwald, le promontoire de Sinope, etc. C'est donc un cercle très-bien jalonné par les accidents orographiques et géologiques.

La manière dont ce cercle traverse l'Europe et l'Asie est en harmonie avec beaucoup de traits orographiques remarquables, et l'auteur de la *Notice sur les systèmes de montagnes* l'a adopté comme représentant du système des ballons[1]. Il avait fait passer en dernier lieu le *grand cercle de comparaison provisoire* du système des ballons par le Brocken dans le Hartz, après l'avoir fait passer d'abord par le ballon d'Alsace. C'est évidemment un des systèmes de montagnes dont on peut naturellement chercher le représentant parmi les cercles du réseau pentagonal qui se croisent au centre du pentagone européen, près de Remda, point situé entre les deux *grands cercles de comparaison provisoires* dont on vient de parler, mais beaucoup plus voisin du second que du premier.

Notre *trapézoédrique* TD*b* fait avec le *primitif* de l'Etna, *grand cercle de comparaison* du système du Ténare, vers l'ouest, un angle de 58° 23′ 10″,26. Or, d'après le tableau page 240 de la *Notice*, le *grand cercle de comparaison provisoire* du système des ballons fait avec celui du système du Ténare, du même côté, un angle de 57° 35′ 54″. La différence, qui est de 0° 47′ 16″,26, est inférieure aux incertitudes des observations. On peut donc employer ce cercle auxiliaire pour représenter le système des ballons.

Ce grand cercle paraît très-bien encadré dans l'ordonnance stratigraphique et orographique de l'Europe et de l'Asie. Il passe à

[1] *Notice*, p. 1054.

une faible distance au S.-O. du Hartz, dont l'escarpement septentrional est un des traits caractéristiques du système des ballons. Il passe aussi à une médiocre distance des traits du système des ballons qui ont été signalés dans le Brabant, dans le département des Ardennes, dans les Vosges, la Lozère, la Bretagne, etc. Il côtoie la côte atlantique des États-Unis à 7 ou 8 degrés de distance de l'axe de la chaîne des Alleghanys, que M. Jules Marcou, comme on l'a vu ci-dessus, page 12, rapporte, de même que l'auteur de la *Notice*, au système des ballons. Cette distance n'est pas plus grande que celle qui sépare notre cercle du seuil dévonien de la Russie centrale, qui doit être rapporté au même système, et elle ne surpasse pas non plus la distance de l'*octaédrique* du Sinaï aux chaînes pyrénéennes les plus méridionales de l'Algérie. Il représente d'une manière satisfaisante le *système des ballons*.

Trapézoédrique T*c* *de l'Iremel.*

Le 28e *grand cercle auxiliaire* compris dans le tableau déjà cité est désigné sous la dénomination de *trapézoédrique* T*c*. Ce grand cercle passe par le point T situé en Espagne au N.-O. de Burgos et par le point *c* situé en Asie dans la steppe des Kirghis. Il a ses pôles sur le *dodécaédrique rhomboïdal*, ayant lui-même pour pôles le point T de l'Espagne et son antipode. L'un de ces pôles tombe dans l'océan Austral, au S. de Madagascar et à l'E. des rochers Union; l'autre dans l'océan Pacifique, près des côtes de la Californie, au S.-O. du cap Mendocino.

Tracé sur les cartes déjà citées de M. Vincendon-Dumoulin et de M. de Humboldt, ce grand cercle aborde le continent américain par la côte du Chili. Il y pénètre en rasant le cap Bucalemo et les écueils qui le précèdent. Il passe au N. de Santiago, et coupe la Cordillère des Andes en laissant à 22 minutes ou 37 kilomètres dans le S.-E. le pic d'Aconcagua, qui paraît être la cime la plus élevée du nouveau monde et qui se distingue des

autres pics du Chili, qu'il surpasse tous en hauteur, en ce qu'il n'est pas volcanique, mais formé, d'après M. Pissis, de calcaire jurassique soulevé.

Au delà des Andes, notre cercle s'adapte assez heureusement aux formes des contre-forts que M. de Humboldt a dessinés approximativement sur sa carte. Il passe presque exactement à Tucuman en laissant au S.-E. les pampas, les llanos de Tucuman et le désert salé de Santiago; il va couper au centre du continent la grande rivière du Paraguay, aux environs d'Albuquerque et des vastes marécages de Xarayes. Traversant ensuite la partie N.-O. du Brésil, il en sort par sa côte septentrionale, un peu à l'E. de Bragança.

Dans tout l'océan Atlantique, notre cercle ne rencontre aucune terre, mais il passe au N. de Madère, près du petit groupe d'écueils isolé appelé les Huit Roches, qu'il laisse à 11 minutes ou 20 kilomètres dans le N.-O.

Il aborde ensuite la côte du Portugal, où il laisse à 5 minutes ou 9 kilomètres de distance au N.-O. l'île Berlingue et les îlots adjacents, et où il rase presque rigoureusement le pied du phare du cap Corveiro, près Peniche, l'un des points les plus saillants et les plus remarquables du littoral lusitanien.

Après avoir passé au point T, situé en Espagne au N.-O. de Burgos, l'*auxiliaire* T*c* aborde la côte de France un peu au S. du bassin d'Arcachon, et, passant à Bordeaux et à Strasbourg, il traverse la France entière et la Souabe avec des circonstances de précision sur lesquelles je reviendrai ultérieurement.

Dans l'intérieur de l'Allemagne, notre cercle passe approximativement à Bayreuth, et, entrant dans le Fichtel-Gebirge, un peu au N. de Goldcronach, il côtoie intérieurement la limite septentrionale du massif de granite et de gneiss qui forme le noyau de ce groupe montagneux. Tracé sur la carte géologique de la Saxe, il suit presque exactemment la crête de l'Erzgebirge, où il passe à Gottesgabe, à la masse serpentineuse isolée de Schmiedelgutt et à la masse granitique détachée de Mittler-Tellnitz. Cette ligne marque

à peu près la limite méridionale ou septentrionale de différentes masses minérales, telles que les schistes argileux près de Frankenhammer, le granite et le basalte près de Steinhübel, le gneiss et le basalte près d'Oberwiesenthal, les petites masses granitiques voisines de Laduna et d'Oberndorf, la grande masse porphyrique qui s'étend au N. d'Eichwald. En surgissant sur sa direction ou en y appuyant leurs extrémités, ces masses minérales variées semblent rendre témoignage de son influence.

Mais cette influence se fait sentir beaucoup plus loin encore. Notre cercle traverse l'Elbe au-dessous de Czirle, au point même où, dans les flancs de la vallée, le schiste est remplacé par le granite. Il poursuit ensuite son cours dans la Lusace et la Silésie, au milieu du quadersandstein, des granites et des basaltes avec la disposition desquels il se trouve en harmonie, et entre dans les plaines baltiques, sarmates et russes par l'angle saillant que forment les contours des roches anciennes et du grès rouge dans le bassin de la Bober.

Dans les plaines non interrompues qu'il traverse, du Riesen-Gebirge à l'Ural, notre cercle s'adapte d'une manière remarquable au cours de plusieurs rivières, notamment, comme on peut le saisir sur la carte planche V de la *Notice*, au cours de la Vistule et du Bog, au nord de Varsovie et à celui du Niémen. Il s'harmonise aussi avec le cours du Dnieper au nord de Mohilef, et avec celui de l'Oka au midi de Moscou. Il coupe le Volga au-dessous de Kasan, près de son confluent avec la Kama.

Tracé sur la précieuse carte géologique de l'Ural, publiée par sir Roderick Murchison[1], le *trapézoédrique* T*c* passe à 3 minutes (5 à 6 kilomètres) au nord de la ville d'Ufa, près de laquelle la rivière du même nom forme un coude où elle reçoit les eaux de la rivière Bielaya renforcées de celles de la Sim. Il entre dans la région montueuse par la vallée de la rivière Lemesa, affluent de

[1] *Russia in Europe and the Ural mountains.*

la Sim, vallée qui est bordée par des contre-forts de calcaire carbonifère parallèles à notre cercle.

Ce grand cercle coupe la chaîne de l'Ural proprement dite dans le milieu de la partie où elle est infléchie vers le S.-S.-O., partie qui est plus accidentée et plus hérissée de hautes montagnes que le reste. Il coupe trois des zones parallèles dans lesquelles la chaîne se décompose, et chacune par un point culminant : le mont Miardial (vieux grès rouge), le mont Zigalga (quartzite), le mont Iremel (quartzite). Ces trois montagnes se trouvent alignées avec une étonnante précision suivant la direction de notre cercle, direction qui n'est ni parallèle ni perpendiculaire à la chaîne. Tracé avec soin, le cercle passe par les trois cimes telles que la carte les figure. L'Iremel, élevé de 5,075 pieds anglais ou 1,547 mètres, est une des cimes principales et les plus connues de l'Ural. Il est encore situé sur le versant européen.

Sur le versant asiatique, dont la surface est plus monotone, notre cercle traverse d'abord la zone centrale de granite et de gneiss, et, laissant un peu au sud la grande usine de Pétropavlovsk, il rase exactement l'extrémité septentrionale d'un groupe de bandes de roches cristallines parallèles au *primitif* du mont Saint-Élie, bandes que sir Roderick Murchison figure avec détail. Plus loin, il traverse la masse granitique isolée de Troitsk, déjà citée plus haut page 93, et il sort enfin de l'Ural, près de Berezovsk, en suivant la vallée de la rivière Ui, creusée dans les marnes oxfordiennes, comme il avait suivi à son entrée dans la région montueuse celle de la rivière Lemesa. On peut difficilement trouver, sur aucune carte, une ligne mieux jalonnée par les accidents orographiques et géologiques que celle suivant laquelle le *trapézoédrique* T*c* coupe obliquement l'Ural.

Après être sorti de l'Ural par la vallée de l'Ui, notre cercle entre dans les steppes des Kirghis, où il rencontre le point *c* par lequel il est assujetti à passer, et il parcourt toute l'Asie à travers des contrées dont la topographie n'existe pas encore. Tracé sur la carte

de l'océan Pacifique par M. Vincendon-Dumoulin, notre cercle s'adapte en Chine, avec assez de précision, aux montagnes voisines de Thing-tcheou, et il entre dans la mer de la Chine par l'anfractuosité de la côte et par l'écueil situés au midi du port de Houtchou-chan.

Il traverse la chaîne des îles Philippines par le groupe de petites îles qui la termine au nord, en coupant l'île Ciamiguin, et il rase avec précision le cap Engano, pointe N.-E. de l'île de Luçon.

Il se dirige ensuite vers la Nouvelle-Guinée, où il parvient en rasant les petites îles des Traîtres, qu'il laisse au S.-E., ainsi que l'île Quoy, et il y entre par un point remarquable de son contour, la pointe Geelwink.

Dans l'intérieur de cette grande île, il ne passe pas au point H, privilége réservé à des cercles plus élevés que lui dans la hiérarchie pentagonale. Il en sort par le point de la côte du détroit de Torres qui fait face au cap York de la Nouvelle-Hollande, et, côtoyant à distance les rivages du continent australien, il se dirige vers la Nouvelle-Zélande.

Il y aborde la grande île du milieu, Tawaï-Pounammou, par un cap situé au midi du havre Barré, et, restant toujours au sud du détroit de Cook, il coupe la pointe méridionale de la baie de Tasman, près du cap Blanc, et ensuite la rivière Pelorus au point où son embouchure s'élargit en un bras de mer. Il rentre enfin dans l'océan Pacifique par une saillie de la côte placée au sud du cap Campbell, pour aller passer au point T situé à l'E.-S.-E. et à une certaine distance au large de l'entrée du détroit de Cook.

De même qu'à son antipode, le point T de l'Espagne, il y coupe le *primitif* de Lisbonne, sous un angle de $3^\circ\ 29'\ 28'',47$. En traversant la Nouvelle-Zélande, les deux cercles se suivent à une petite distance, en passant cependant par des points bien distincts, mais sans qu'on voie clairement quel est celui des deux cercles auquel on doit attribuer le plus d'influence sur les contours compliqués des rivages du détroit de Cook; on peut croire qu'ils en ont exercé

l'un et l'autre, de même qu'on voit, dans les îles Aleutiennes, par exemple, plusieurs directions très-voisines et cependant très-distinctes.

A partir du point T du détroit de Cook, le *trapézoédrique* T*c* traverse toute la partie méridionale de l'océan Pacifique sans rencontrer aucune terre, et va rejoindre au Chili le cap Bucalemo, où nous avons commencé à le suivre.

Ce grand cercle renferme deux arcs terrestres fort étendus, le premier dans l'Amérique méridionale, et l'autre, qui est beaucoup plus grand, dans l'ancien continent, de la côte du Portugal à la mer de la Chine, ainsi que deux autres beaucoup plus courts dans la Nouvelle-Guinée et la Nouvelle-Zélande, formant ensemble une somme totale d'environ 145 degrés; c'est, à 10 ou 12 degrés près en moins, la même somme que pour le *primitif* de Lisbonne, et, en effet, les deux cercles, se suivant toujours de près, ne pouvaient différer beaucoup sous ce rapport.

En Chine, notre cercle coupe perpendiculairement le *dodécaédrique rhomboïdal* qui a pour pôles le point T' de l'Espagne et son antipode le point T voisin de la Nouvelle-Zélande, où notre cercle est également assujetti à passer. Ce *dodécaédrique rhomboïdal* coupe aussi perpendiculairement, dans l'intérieur de la Chine, le *primitif* de Lisbonne, qui passe aux deux mêmes points T. La distance des deux points d'intersection est de 3°29′28″,47, valeur de l'angle que les deux cercles forment entre eux aux points où ils se croisent. C'est leur écartement maximum, qui équivaut à environ 388 kilomètres ou 97 lieues. Ces deux cercles se côtoient donc de fort près dans tout leur cours, mais ils n'en sont pas moins distincts et jalonnés par des points nettement séparés, puisqu'ils entrent en Europe, par exemple, l'un par le large promontoire de Lisbonne et l'autre par le cap Corveiro, et passent en Asie, l'un par la route d'Ekatherinenbourg et l'autre par la cime de l'Iremel.

Le *trapézoédrique* T*c*, comme on a pu en juger par les détails donnés sur diverses parties de son cours, même sans parler encore

de son trajet à travers la France, est aussi bien jalonné par les accidents naturels du sol et aussi bien en rapport avec la topographie des contrées qu'il traverse qu'aucun de ceux que nous avons étudiés précédemment. Il est cependant du nombre de ceux qui ont la position la moins symétrique dans le réseau pentagonal et qui y occupent le rang le plus inférieur. C'est même là ce qui m'a décidé à en placer ici la monographie : j'ai voulu montrer par cet exemple que tous les cercles que la nature a réalisés l'ont été avec une égale netteté.

La cinquième section du tableau des données numériques qui fixent 159 cercles du réseau pentagonal[1] en présente encore 35 dont je pourrais placer ici les monographies. Les données numériques qui fixent ces 35 cercles ont été calculées à la suite de travaux ou de tâtonnements qui ont montré que chacun de ces cercles s'adapte aux accidents de l'écorce terrestre. Leurs monographies conduiraient toutes à conclure que le cercle, objet de chacune d'elles, s'harmonise avec certaines configurations géographiques et se trouve jalonné avec une précision plus ou moins grande par un certain nombre de points définis. Mais je dois peut-être me demander si l'avantage qu'il y aurait à multiplier les exemples de ce fait compenserait l'inconvénient d'allonger outre mesure cette partie du Rapport.

La possibilité d'étendre le nombre de ces monographies ne peut être contestée. J'ai omis, dans le seul but d'abréger, les monographies de 28 *dodécaédriques rhomboïdaux*, de 29 *bissecteurs* IH et de 28 *bissecteurs* DH, cercles qui tous font partie du tracé de M. Laugel, et dont l'adaptation aux accidents de l'écorce terrestre est évidente, au moins pour le plus grand nombre. En y ajoutant les 35 dont nous parlons, ce sont en tout 120 monographies que je pourrais ajouter aux 39 que j'ai données, c'est-à-dire que j'aurais tous les moyens d'en quadrupler immédiatement le nombre.

[1] *Comptes rendus*, t. LVII, p. 121, séance du 10 juillet 1863.

Cependant ce n'est pas tout, car la cinquième section du tableau n'est limitée à 38 cercles que parce que, jusqu'ici, on n'a pas calculé les données numériques d'un plus grand nombre. Le nombre des cercles auxiliaires tels que Tl, D*a*, D*c*, etc., est de plusieurs milliers, et il serait tout aussi facile de calculer les données numériques de l'un quelconque d'entre eux, qu'il l'a été de déterminer celles des 38 cercles portés dans la cinquième section du tableau. On voit quelle carrière est ouverte aux calculateurs et aux dessinateurs, et on comprend qu'il serait absolument impraticable d'épuiser ici une aussi longue série. Mais cette impossibilité même résout la question qui nous a fait entreprendre les monographies que nous avons continuées jusqu'à présent.

Il est dès à présent surabondamment établi que le réseau pentagonal renferme un très-grand nombre de cercles qui s'adaptent avec une précision remarquable aux accidents de l'écorce terrestre. On a même vu que ceux de ces cercles qui sont les principaux représentants de la symétrie pentagonale s'harmonisent d'une manière toute particulière avec les configurations géographiques. Les autres représentent eux-mêmes des lignes naturelles.

Rien n'ayant été avancé, dans l'établissement du réseau pentagonal, au sujet du nombre des cercles auxiliaires qui pourront être adaptés aux accidents de l'écorce terrestre, il n'y a, à cet égard, rien à vérifier; il sera cependant intéressant d'épuiser un jour la série des cercles que la nature a réalisés ou de faire quelque chose d'équivalent, car il est très-probable que la nature n'a pas réalisé tous ces cercles; de même qu'en minéralogie aucune substance cristallisée ne présente tous les clivages et toutes les facettes que comporte son système cristallin. En se mettant à calculer indistinctement tous les cercles auxiliaires que comprend le réseau pentagonal, au lieu de s'attacher à ceux qui ont été indiqués par quelques considérations préliminaires, on ne tarderait probablement pas à en trouver qui seraient insignifiants ou indifférents, parce que la nature ne les aurait pas réalisés.

Ils seraient dans le cas où se trouve, en général, un cercle qu'on trace sur un globe en y tendant un fil au hasard, et la plupart des méridiens, à commencer par celui de Paris, sont autant d'exemples de cercles indifférents pour la géologie.

Il est fort probable qu'il s'en présentera de semblables parmi ceux qui ont une notation dans le réseau, et il sera intéressant de rechercher dans quelle proportion et suivant quelle loi ils se présenteront, mais ce sera l'objet d'un travail qui n'a pas encore été fait et qui sera peut-être fort long.

Multiplier les monographies plus que je ne l'ai fait serait préluder à ce travail, mais sans espoir d'en atteindre le but.

Je m'en tiens donc aux 39 monographies que j'ai données. Elles me paraissent suffire pour établir que le réseau pentagonal existe dans la nature. Non-seulement ses 31 premiers grands cercles principaux s'adaptent avec une précision et un ensemble remarquables aux formes géographiques; mais les cercles auxiliaires s'y adaptent eux-mêmes dans beaucoup de cas, ce qui montre que le mode de dérivation adopté pour les obtenir est conforme à la nature des choses. C'est là du reste une conclusion dont la suite de ce Rapport fournira de nombreuses vérifications.

Je vais passer à un autre ordre de considérations.

LES 362 POINTS PRINCIPAUX DU RÉSEAU PENTAGONAL.

On a vu précédemment, page 50, que les grands cercles principaux du réseau pentagonal se coupent sur la surface du globe en :

12 points D,
20 points I,
30 points H,
60 points T,
60 points *a*,
60 points *b*,
120 points *c*,

soit en 362 points qui ont reçu le nom de points principaux du premier et du second ordre. M. Élie de Beaumont a publié le *Tableau des données numériques* qui fixent sur la surface du globe ces 362 points[1], en donnant pour chacun d'eux sa latitude, sa longitude et l'orientation de l'un des cercles principaux qui y passent. Au moyen de ces données, on peut placer chacun des 362 points sur une carte de la contrée où il tombe, et y tracer un arc du grand cercle principal dont l'orientation est donnée pour ce point, et des arcs des autres grands cercles principaux et auxiliaires qui y font avec le premier des angles connus. On a déjà vu que ces constructions ont été effectuées et présentées dans les cours pour un grand nombre des points D, I, H, T, etc., et qu'elles ont beaucoup contribué à fournir les éléments des monographies des 39 cercles dont le cours a été décrit.

On pourrait faire aussi la monographie de chacun des 362 points principaux.

Ces monographies auraient même moins de monotonie que celles des cercles, parce que les points principaux jouent dans le réseau pentagonal et dans l'ordonnance des formes géographiques un rôle plus varié que les cercles, qui font tous uniformément le tour du globe. On aurait à constater d'abord que chacun de ces points principaux jouit de la propriété, en quelque sorte *stratégique*, de *prendre en enfilade* un grand nombre d'accidents orographiques et géologiques, suivant des directions qui sont celles d'autant de cercles du réseau pentagonal, et cela conduirait à analyser comparativement la topographie de la contrée dans laquelle tombe chaque point.

Une pareille analyse conduirait à remarquer que, dans le voisinage des points D, la surface du globe est généralement dessinée à plus petit point que dans les contrées qui en sont éloignées. Les points D de l'Europe, de la Chine, de l'Amérique russe, des An-

[1] *Comptes rendus*, t. LVIII, p. 308, séances des 15, 22 et 29 février 1864.

tilles, près des îles Vierges, du Chili, offrent de ce fait des exemples remarquables. Les autres points D tombent en pleine mer ou dans des contrées peu connues.

Les points I, comme ceux du Brésil, de l'Afrique australe, de la Perse, du nouveau Mexique, peuvent donner lieu à des remarques du même genre.

Les points H ont cela de particulier, qu'une chaîne de montagnes assez étendue ou quelque trait allongé de la surface du globe passe fréquemment dans leur voisinage. Les points H de l'Ural, du Groënland, de l'Arabie, de l'Inde, de la Nouvelle-Guinée, de la terre de Van-Diemen, des îles Bonin-Sima et autres, en offrent des exemples. Le fait que la topographie prend des caractères particuliers près des points différemment caractérisés du réseau est un témoignage nouveau, un peu vague sans doute, mais délicat, de l'harmonie qui existe entre le réseau pentagonal et la configuration extérieure du globe terrestre.

Malheureusement, des remarques de ce genre seraient difficiles à suivre si elles n'étaient pas accompagnées de cartes convenablement dessinées. Quand il s'agit d'un cercle compris dans le tracé de M. Laugel, on peut le suivre d'une manière générale, et, si on ne voit pas tous les détails des adaptations qui se manifestent sur des cartes à plus grande échelle, on peut se les représenter. Mais, pour les 362 points principaux, que M. Laugel a également marqués, des cartes détaillées seraient beaucoup plus nécessaires et en même temps plus faciles à exécuter que pour les cercles entiers, qui ne peuvent être bien représentés que sur un globe.

Il faudrait en principe 362 cartes, mais le nombre en serait notablement diminué par le fait qu'une partie des 362 points tombent, soit en pleine mer, loin des côtes, soit sur les glaces polaires, soit dans certaines parties intérieures des continents pour lesquelles on manque encore d'éléments topographiques.

Le mieux serait d'avoir pour chaque point une carte dressée en projection gnomonique sur l'horizon de ce point; mais ce serait

une entreprise de longue haleine que de dresser peut-être deux cents cartes de cette nature. On pourrait arriver à un résultat presque aussi satisfaisant, à moins de frais, de la manière suivante.

La carte du pentagone européen en projection gnomonique sur l'horizon de son centre, planche V de la *Notice*, réalise pour le point D, centre du même pentagone, l'idée que je viens d'exprimer; seulement son échelle, qui pour la partie centrale est le cinquante-millionième ($\frac{1}{50,000,000}$), est beaucoup trop petite.

Mais cette carte, sauf la petitesse de l'échelle, atteint aussi à très-peu de chose près le but désiré pour les cinq points T et les cinq points *a* qui se trouvent sur le contour du petit pentagone formé près de son centre par les *octaédriques;* elle ne cesse de pouvoir être employée commodément pour le même objet que pour les points I, H, *b*, situés sur le contour du pentagone, et pour les points *c* qui en sont eux-mêmes assez rapprochés. Dans le voisinage de ces points, les formes géographiques sont trop déformées par suite des défauts inhérents à la projection.

Or on pourrait aussi, pour chaque point I, centre de triangle équilatéral, dresser une carte en projection gnomonique sur l'horizon de ce point et contenant les trois points *b* qui l'avoisinent, et, pour chaque point H, une carte analogue contenant les quatre points *c* qui l'accompagnent. De la sorte on arriverait à renfermer les 362 points principaux dans soixante-deux cartes dont plusieurs seraient inutiles à construire comme contenant trop peu de terres, ou des contrées trop peu connues : quarante cartes environ pourraient peut-être suffire. On comprend toutefois que, même réduites à quarante, ces cartes ne peuvent trouver place dans le présent Rapport, et que, par conséquent, je dois renoncer à y placer les monographies des points principaux du réseau pentagonal.

Au reste, les éléments dont ces monographies se composeraient sont compris dans les monographies individuelles des différents cercles, et on a même vu que les éléments de ces monographies ont souvent été fournis par les roses des points principaux, placés

avec tous leurs rayons sur différentes cartes. Mais, réunis en roses, ces éléments se seraient éclairés mutuellement et auraient conduit à des rapprochements particuliers.

Les monographies des points principaux auraient conduit, par une voie nouvelle, à reconnaître que le réseau pentagonal n'est que le diagramme d'une figure géométrique qui existe matériellement sur la surface entière du globe, par l'effet des phénomènes géologiques. Mais, en appliquant spécialement ce diagramme à la France et aux contrées adjacentes, je pourrai donner à cette conclusion un nouveau degré de rigueur et de précision, et introduire même des considérations qui manquent encore dans ce qui précède.

Les réflexions énoncées succinctement dans ce chapitre conduisent naturellement à reconnaître que les monographies des différents cercles du réseau pentagonal, dont j'ai donné trente-neuf spécimens, ne sont, dans l'étude de l'application du réseau pentagonal aux inégalités de l'écorce terrestre, que des éléments susceptibles d'être réunis, comme les cercles eux-mêmes se réunissent pour former le réseau. Il est d'autant plus naturel d'étudier les cercles un à un que chacun de ceux qui se rapportent à des systèmes de montagnes paraît avoir été produit en principe par un phénomène unique et distinct. Mais le seul fait de la propriété qu'ont ces cercles de se réunir en roses autour des points principaux ou de points de croisement secondaires conduit à étudier simultanément tous ceux d'une même région pour mieux saisir leurs rapports avec l'orographie du pays. C'est ce que je vais essayer de faire pour la France et pour les contrées limitrophes.

ÉTUDE DES RELATIONS EXISTANTES ENTRE LE RÉSEAU PENTAGONAL ET LA CONSTITUTION DU SOL DE LA FRANCE ET DES CONTRÉES LIMITROPHES.

Les monographies de différents cercles du réseau pentagonal, au nombre de trente-neuf, qui occupent une place considérable dans

ce Rapport, présentent des développements très-inégaux, suivant les parties du globe que ces cercles traversent.

Dans les parties où les cercles étudiés parcourent de vastes mers dépourvues d'îles, il n'y avait rien à en dire, le fond des mers étant inconnu. Il en a été tout autrement pour les parties de ces cercles qui rencontrent des côtes, qui traversent des archipels ou des mers semées d'îles. On possède aujourd'hui de bonnes cartes marines de presque toutes les mers de l'univers, et, partout où il s'est trouvé quelque chose à figurer sur ces cartes, on a eu des remarques à faire sur la manière dont les cercles du réseau pentagonal s'adaptent aux accidents géographiques et orographiques. Partout où on possède des cartes suffisamment précises de l'intérieur des continents, il y a lieu de faire des remarques du même genre. Malheureusement, les parties de l'intérieur des continents pour lesquelles on possède des données topographiques d'une précision comparable à celle des cartes marines sont presque des exceptions; aussi l'intérieur des continents n'a-t-il donné lieu le plus souvent qu'à des remarques générales fort laconiques. Les contrées dont on possède des cartes géologiques assises sur une bonne topographie, comme l'Europe occidentale, l'Ural, l'Égypte, l'Inde, sont celles qui ont fourni le plus de détails. Chaque fois qu'un cercle nous y a conduit, elles nous ont retenu comme autant d'oasis privilégiées.

Il est cependant une région favorisée sous ce rapport autant qu'aucune autre, où nous ne nous sommes jamais arrêté, et pour laquelle nous avons constamment renvoyé tous les détails à une époque ultérieure; je veux parler de la France et des contrées limitrophes. Nous sommes arrivé à la partie du Rapport pour laquelle ces détails ont été réservés; ils vont maintenant nous occuper.

En publiant des séries de données numériques propres à fixer sur la surface du globe[1] soit les cercles les plus importants, soit les

[1] *Comptes rendus*, t. LVII, p. 121, séance du 20 juillet 1863, et t. LVIII, p. 308, séance du 15 février 1864.

points principaux du réseau pentagonal, l'auteur de la *Notice sur les systèmes de montagnes* a donné les moyens de les construire sur les cartes de toutes les parties de l'univers, sur les cartes de France comme sur les autres. Mais, lorsqu'on veut tracer avec précision un grand cercle déterminé sur une carte d'une échelle un peu grande, il devient nécessaire de calculer les intersections du cercle avec un certain nombre de méridiens ou de parallèles, en partant des données numériques qui fixent le cercle sur la surface du globe.

M. Élie de Beaumont a pensé qu'il serait utile aux progrès de la géologie de l'affranchir, dans une certaine mesure, de ces calculs, en publiant, pour la France d'abord, des données numériques propres à fixer directement les positions d'un nombre de points suffisant des cercles du réseau. Il aurait pu choisir dans ce but les intersections des cercles avec certains méridiens, mais il a préféré les intersections mutuelles des cercles du réseau : 1° parce que ces points sont souvent les plus importants de leur cours sous le rapport des relations que ces cercles présentent avec les configurations orographiques et géologiques; 2° parce que chaque point d'intersection sert pour deux ou même pour un plus grand nombre de cercles; 3° parce qu'en calculant ce qui se rapporte à l'intersection de deux cercles, on détermine l'angle sous lequel ils se coupent. L'auteur a considéré les cercles principaux du réseau pentagonal, les cercles auxiliaires employés pour représenter différents systèmes de montagnes et quelques cercles qui lui ont paru se recommander par leur position symétrique dans le réseau, mais en se bornant à ceux de ces différents cercles qui traversent ou avoisinent le territoire français.

Ces cercles sont au nombre de 29, nombre qui, très-probablement, est destiné à s'accroître ultérieurement. Chacun de ces 29 cercles coupant chacun des 28 autres en deux points diamétralement opposés, qu'on retrouve chacun deux fois, ce qui oblige à dédoubler le nombre qui se présente d'abord, il existe entre eux $29.28 = 812$ points d'intersection, dont la moitié, soit 406, sont

situés dans un même hémisphère, tandis que les 406 autres se trouvent aux antipodes des premiers. Mais, parmi les 406 points d'intersection qui appartiennent à notre hémisphère, il en est un grand nombre qui tombent fort loin de nous, et, en fait, 183 points d'intersection seulement sont compris dans l'espace embrassé par le cadre de la carte géologique de la France et dans les parages de l'île de Corse qui est figurée dans un appendice détaché du reste.

En fait, cet appendice s'est trouvé trop étroit pour recevoir quelques-uns des points calculés en vue d'y être placés, de sorte qu'on aurait pu réduire de quelques unités le nombre 183. Mais les chiffres calculés ont été utilisés d'une autre manière et imprimés avec les autres. Ce sont ces 183 points d'intersection qui ont été l'objet des calculs de l'auteur.

Il a déterminé pour chacun d'eux sa latitude, sa longitude, les orientations des deux cercles qui s'y croisent et l'angle qu'ils forment entre eux; puis, par une opération subsidiaire, la distance de chacun des points à la méridienne et à la perpendiculaire de Paris, et l'angle formé par le méridien du lieu et la perpendiculaire à la méridienne de Paris. Ces dernières données permettent de construire les 183 intersections sur la carte de Cassini et sur celles qui dérivent de sa réduction, par exemple sur la carte géologique de la France, aussi facilement que sur toute autre carte.

Les quantités calculées, au nombre de huit pour chaque point, forment huit colonnes dans le tableau, dont une ligne est consacrée à chacun des 183 points. Afin de placer ces 183 lignes dans un ordre méthodique, facile à saisir et à retrouver, l'auteur a considéré successivement les 29 cercles dans l'ordre où leurs parallèles se présentent sur une rose tracée à Paris en allant de l'ouest au nord et du nord à l'est, et il les a inscrits dans le tableau d'après cet ordre conventionnel. Il a ensuite placé au-dessous de la désignation de chaque cercle, sur autant de lignes différentes, les données numériques relatives à ses intersections avec les autres cercles, rangés eux-mêmes suivant l'ordre dans lequel le premier les coupe

successivement, mais en omettant de répéter chaque ligne de chiffres deux fois, ce qui a abrégé le tableau, non sans nuire, il est vrai, à sa symétrie.

Après avoir calculé toutes les quantités qui viennent d'être énumérées, l'auteur a construit les différents points dont elles fixent les positions sur un exemplaire du tableau d'assemblage de la carte géologique de la France, qui a été présenté à l'Académie, en même temps que le tableau des données numériques, dans la séance du 11 juin 1866[1].

Quelques mois après, dans la séance du 17 décembre 1866[2], l'auteur a fait hommage à l'Académie de la même figure (le réseau appliqué sur la carte), exécutée à l'Imprimerie impériale, par le report sur pierre, avec toute la précision que M. Dérénémesnil a su donner à cet utile et ingénieux procédé.

Je me suis occupé depuis longues années, disait l'auteur, de deux séries de travaux distinctes : d'une part (avec mon si regrettable collègue et ami M. Dufrénoy), du tracé de la carte géologique de la France, et, de l'autre, de la coordination des accidents statigraphiques et orographiques de l'écorce terrestre en *systèmes de montagnes* d'âges différents et de directions différentes. Ces deux séries de travaux se résument en deux figures complétement indépendantes l'une de l'autre, la carte géologique et le réseau pentagonal. Pour être facilement comparées entre elles, ces deux figures avaient besoin d'être tracées à la même échelle et sur la même projection géographique. Réunies sur une seule carte, elles ont immédiatement laissé voir leur concordance intime. Elles se sont trouvées *exactement superposables* l'une à l'autre, et cette propriété s'est manifestée par le fait que les cercles du réseau pentagonal ont eu le privilége de tomber sur des files de positions caractérisées, alignées entre elles, dont chacune jalonnait à l'avance une direction déterminée.

[1] *Comptes rendus*, t. LXII, p. 29. — [2] *Comptes rendus*, t. LXIII, p. 1021.

Beaucoup d'autres circonstances contribuent encore à faire ressortir l'harmonie des deux figures.

Depuis lors, les cercles du réseau pentagonal ont été tracés, d'après les mêmes chiffres, sur la carte géologique générale de la France dont l'échelle est quadruple de celle du tableau d'assemblage ($\frac{1}{500,000}$ au lieu de $\frac{1}{2,000,000}$). Ils l'ont même été, au fur et à mesure de l'exécution, sur les feuilles de la carte géologique détaillée, dont l'échelle est de $\frac{1}{20,000}$, c'est-à-dire 25 fois plus grande que celle du tableau d'assemblage, et l'agrandissement de l'échelle n'a fait que mettre mieux en lumière l'accord du réseau pentagonal avec les faits naturels. Le tableau d'assemblage de la carte géologique de la France avec les cercles du réseau pentagonal est joint à ce Rapport; mais, en l'écrivant, j'ai en même temps sous les yeux la carte géologique générale à l'échelle de $\frac{1}{500,000}$, ainsi que les feuilles de la carte géologique détaillée à l'échelle de $\frac{1}{80,000}$, où les cercles sont également tracés, ce qui me permettra de donner quelquefois des détails qui ne sont pas complétement exprimés sur le tableau d'assemblage à l'échelle de $\frac{1}{2,000,000}$, mais dont celui-ci permet cependant de suivre la succession et l'enchaînement.

Les trois tracés ont l'avantage de se contrôler mutuellement. La carte géologique détaillée, tracée sur la carte d'état-major publiée par le dépôt de la guerre, qui est un monument de haute précision, est naturellement celle dont les indications doivent être préférées. La carte géologique générale, réduite de la carte de Cassini, mais corrigée d'après les levés du dépôt de la guerre ou d'après d'autres documents authentiques, ne présente, avec la carte géologique détaillée, que des discordances assez légères. Le tableau d'assemblage réduit de la carte géologique générale est établi sur un canevas identique, mais, en remplissant ce canevas, le dessinateur, averti qu'il devait surtout viser à n'omettre aucune des masses minérales figurées sur la carte générale, quelque petite qu'elle fût, a pu quelquefois, pour mettre son crayon plus à l'aise, les déplacer légèrement et ne pas mettre dans le figuré des détails

assez de rigueur pour que les cercles du réseau, auxquels on ne pensait pas alors, tracés sur les deux cartes avec une égale précision, ne trahissent pas quelques légères incorrections dans la plus petite. On doit donc tenir encore plus de compte des rencontres que les cercles font sur la carte générale en six feuilles que sur le tableau d'assemblage. Au reste, les faibles discordances dont il s'agit sont généralement très-peu importantes, et on trouverait bien peu de cartes réduites l'une de l'autre qui n'en présentassent pas de semblables.

La France est comprise en entier dans le petit pentagone que forment au centre du pentagone européen les cinq octaédriques qui le traversent; mais son cadre dépasse un peu vers le S.-O. le contour de ce petit pentagone : elle comprend le point T situé au N.-O. de Burgos, qui est l'un de ses sommets, et le point *a* situé sur la côte N.-O. du Cornouailles, qui occupe le milieu d'un de ses côtés. Le cadre de la carte n'embrasse pas le point D, centre commun du grand et du petit pentagone situé près de Remda, en Saxe; mais ce point tombe sur le papier blanc qui entoure le cadre du tableau d'assemblage, et il y a été marqué au N.-E. de Francfort. Ces trois points principaux du réseau pentagonal occupent ainsi sur la carte des positions accidentelles où rien n'avait été ménagé pour les recevoir, parce que la carte a été gravée avant l'époque où l'idée du réseau pentagonal a pris naissance.

La carte géologique de la France avec les cercles du réseau, quoique dressée sur la projection de Cassini, qui diffère beaucoup de la projection gnomonique, réalise partiellement, dans une certaine mesure, l'idée exprimée plus haut d'une carte du petit pentagone européen. La carte de France est traversée par trois des *grands cercles primitifs* du réseau pentagonal, le *primitif* du Land's End, celui de Lisbonne et celui de la Nouvelle-Zemble. Elle est traversée aussi, mais vers ses extrémités seulement, par deux *octaédriques*, l'*octaédrique* du mont Sinaï et celui du Mulehacen. Enfin on a été conduit à y tracer en outre vingt-quatre cercles auxiliaires, dont

plusieurs sont compris au nombre de ceux dont les monographies ont été données ci-dessus, notamment deux *bissecteurs* DH qui passent au point D.

Tous ces cercles ont été figurés par des lignes rouges pleines ou ponctuées suivant l'espèce du cercle. De même que dans la carte du pentagone européen, planche V de la *Notice*, et dans le tracé de M. Laugel, les *primitifs* sont représentés par des lignes pleines, les *octaédriques* par des lignes formées de points allongés épais, et les *auxiliaires* par des lignes formées de points allongés plus courts et plus minces.

Au premier coup d'œil, les lignes qui représentent ces grands cercles paraissent droites; toutes cependant présentent une courbure légère, ainsi qu'il est facile de le constater avec une règle. Chacune de ces courbes possède un point d'inflexion placé à son intersection avec le méridien de Paris, et la partie de la ligne qui, à partir de cette intersection s'élève au nord, tourne sa concavité vers le nord, tandis que la partie qui descend au sud tourne sa concavité vers le sud. La courbure légère de ces lignes a été donnée pour chacune d'elles par les positions des points d'intersection calculés, et on comprend qu'avec une courbure aussi légère, un petit nombre de points a suffi pour tracer la ligne avec toute la rigueur désirable.

Sur la carte géologique détaillée, c'est-à-dire sur la carte d'état-major, les lignes qui représentent les grands cercles n'ont aussi qu'une très-faible courbure, mais la loi de cette courbure n'est pas la même que sur la projection de Cassini.

Au surplus, chacune de ces lignes, prise dans une petite étendue, se confond sensiblement avec une ligne droite et peut être traitée comme telle. Sur une projection gnomonique elle serait rigoureusement droite dans toute sa longueur, c'est là l'avantage de cette projection, avantage qui est contre-balancé par certains défauts.

Les études concernant l'adaptation du réseau pentagonal aux inégalités de l'écorce terrestre qui ont été résumées ci-dessus ont

montré qu'un grand nombre de cercles de ce réseau s'adaptent avec beaucoup de précision aux accidents orographiques et géologiques, et ont permis de conclure que la symétrie pentagonale existe réellement dans la nature.

Mais il reste encore plusieurs questions à résoudre. On peut demander, par exemple, de fixer plus exactement qu'on ne peut le faire peut-être, d'après les cartes de contrées lointaines, le degré de précision avec lequel le réseau pentagonal s'adapte aux irrégularités apparentes de la surface du globe. On peut demander aussi si le réseau pentagonal, dont l'idée a été suggérée par l'étude du réseau que forment sur la surface de notre continent les *grands cercles de comparaison provisoires* des différents systèmes de montagnes de l'Europe occidentale, présente réellement, dans ses cercles principaux ou dans ses cercles auxiliaires, des représentants des premiers qu'on puisse leur substituer sans dépasser les limites de l'incertitude que le défaut de précision des observations a laissée dans leurs positions.

L'étude de l'application du réseau pentagonal à la carte géologique de la France semble propre à résoudre cette double question, et c'est ce qui m'a porté à lui consacrer une partie spéciale dans ce Rapport. J'y suivrai une marche analogue à celle que j'ai suivie dans les parties précédentes, en étudiant d'abord les différents cercles l'un après l'autre, et je ferai connaître, aux endroits les plus favorables à leur exposé, les remarques que suggèrent naturellement leurs intersections simples ou multiples et les positions qu'elles occupent sur la surface de la France.

Je me conformerai dans cette étude à l'ordre dans lequel les différents cercles sont inscrits dans le tableau déjà cité, et je parcourrai chaque cercle dans le sens où se succèdent dans ce même tableau les intersections du cercle suivi avec ceux qu'il coupe successivement.

Octaédrique du mont Sinaï (système des Pyrénées).

Le cercle inscrit en première ligne dans le tableau déjà cité des 183 intersections est l'*octaédrique du mont Sinaï* (Etna, système des Pyrénées).

Ce grand cercle, dont la monographie a été donnée avec détail dans le cours de ce Rapport, page 113, entre dans le cadre de la carte géologique de la France près de son angle S.-O., qui est presque en entier consacré aux légendes. Bientôt il y rencontre le point T déjà mentionné, qui tombe lui-même près du cadre, au milieu de la nomenclature des terrains, ce qui n'a pas permis de figurer la topographie. On peut le regretter, car plusieurs autres cercles, l'*octaédrique* du Mulehacen, le *primitif* de Lisbonne, le *trapézoédrique* T*c* du système du Hundsrück, l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a*, passant par ce même point T, il aurait fourni une excellente occasion d'étudier simultanément leur adaptation à la structure du nord de l'Espagne; mais ici le tracé de la carte fait défaut.

Je suis ici l'*octaédrique* dans un sens contraire à celui dans lequel je l'ai suivi précédemment, parce que l'ordre d'inscription des intersections dans le tableau le veut ainsi. Cela est en soi-même indifférent, mais je crois d'autant plus devoir en faire l'observation au lecteur, qu'il en sera de même pour la plupart des cercles qui suivront. Ce grand cercle, en poursuivant son cours vers l'E.-S.-E., rencontre les parties réellement exécutées de la carte un peu à l'est de Logrono, et il suit la vallée de l'Èbre, obliquement à sa direction, en passant par les petites villes de Carcar et d'Exea. Il coupe dans cette vallée le *diamétral* D*ac* (système de la Côte-d'Or) et le *trapézoédrique* T*abc* (système du Longmynd), dont les points d'intersection avec lui ont été calculés et construits, bien que le dernier tombe un peu en dehors du côté méridional du cadre. Ces deux points ont servi, avec le point T ci-dessus mentionné, à construire le cercle qui, comme on peut le vérifier avec une règle, présente

une très-légère courbure dont la concavité est tournée, comme elle doit l'être, du côté du nord.

Ce cercle sort de la carte géologique au sud d'Huesca, par le côté méridional du cadre, après y avoir parcouru un très-petit espace, ce qui fait qu'il n'est guère mentionné ici que pour mémoire. Dans cette faible étendue, il ne s'écarte presque pas du terrain tertiaire miocène et des dépôts modernes, où il ne donne lieu à aucune remarque susceptible d'être utilement ajoutée à celles déjà consignées dans la monographie générale de son cours, page 115. Mais ce que la carte géologique met pleinement en lumière, c'est le parallélisme de l'*octaédrique* avec les crêtes des deux grands chaînons des Pyrénées, avec les principales lignes stratigraphiques qui se dessinent dans cette chaîne, et particulièrement avec les limites générales du terrain crétacé inférieur et du terrain nummulitique, tant sur le versant septentrional que sur le versant méridional. Il est bon toutefois d'avertir dès à présent qu'on voit se dessiner aussi dans la chaîne des Pyrénées des lignes de stratification et des alignements d'une direction toute différente, dont nous aurons à nous occuper ultérieurement.

L'*octaédrique* ne coïncide avec la crête d'aucun des deux grands chaînons des Pyrénées. Il côtoie presque exactement le pied méridional du massif pyrénéen, à peu de distance de la ligne légèrement festonnée le long de laquelle ce massif se perd sous le terrain tertiaire moyen déposé à son pied. Il s'harmonise avec les traits généraux du massif, de manière à faire naître immédiatement l'idée qu'il peut être pris pour grand cercle de comparaison du système des Pyrénées; mais cette idée demande à être approfondie par une étude spéciale.

La discussion des observations a conduit, dès l'origine, M. Élie de Beaumont à adopter pour *grand cercle de comparaison provisoire du système des Pyrénées* un cercle passant par le pic de Nethou[1], point

[1] *Notice*, p. 435.

culminant du massif granitique de la Maladetta et même de toutes les Pyrénées, et orienté en ce point de l'O. 18° N. à l'E. 18° S.

Ce grand cercle passe tellement près de l'Etna, qu'il était impossible de ne pas chercher de prime abord son représentant parmi les grands cercles du réseau qui passent au point T fixé à l'axe de ce volcan, dans l'installation même du réseau. L'*octaédrique* du mont Sinaï fait avec le grand cercle *primitif de l'Etna* (système du Ténare) un angle de 54°44′8″,19. D'après le tableau des angles formés par le *grand cercle de comparaison provisoire du système des Pyrénées* avec ceux des vingt autres systèmes de l'Europe occidentale (p. 841 de la *Notice*), l'angle Pyrénées-Ténare est de 52°10′17″ : la différence est de 2°31′51″,19; elle est par conséquent assez considérable, et il semblerait, au premier abord, qu'elle devrait engager à chercher un autre représentant pour le *système des Pyrénées*.

Mais l'orientation O. 18° N., conservée jusqu'à présent pour le *système des Pyrénées*, est encore celle que l'auteur de la *Notice* avait adoptée, dès l'origine, en 1829, à une époque où l'expérience ne lui avait pas encore appris que 2 ou 3 degrés de plus ou de moins dans l'expression de l'orientation d'un système de montagnes ne sont pas une quantité sans importance. A cette même époque, il avait figuré la direction du principal chaînon pyrénéen des Apennins, sur la petite carte insérée, en 1830, dans les *Annales des sciences naturelles*, t. XIX, par une ligne qui, sous le méridien de Parme, court à l'O. 20° N., ce qui, eu égard à une différence de longitude de plus de 8 degrés, supposerait dans les Pyrénées une orientation moins éloignée de la ligne E.-O. de 5 à 6 degrés; de sorte que la moyenne de ces deux orientations serait à peu près celle de l'*octaédrique*. L'orientation O. 18° N. transportée à Corinthe devient à peu près O. 32° N. ou N. 58° O., et, comme on l'a rappelé page 435 de la *Notice*, MM. Boblaye et Virlet ont trouvé, pour celui de leurs systèmes qui correspond aux Pyrénées, une orientation N. 59° à 60° O. plus éloignée du méridien et plus rapprochée de la ligne E.-O. de 1 à 2 degrés que l'orientation originaire. M. Renou, dans son grand

travail sur la géologie de l'Algérie, a trouvé de même que les chaînons pyrénéens du nord de l'Afrique ont une direction conforme à celle des Pyrénées, en supposant que dans les Pyrénées mêmes celle-ci soit O. 16° N. et non O. 18° N. Ainsi l'*octaédrique*, en donnant une direction plus rapprochée de la ligne E.-O. que l'indication originaire, ne fait que confirmer les avis déjà exprimés par d'habiles géologues qui ont eu à explorer des chaînons pyrénéens très-étendus et très-bien caractérisés. D'après ces résultats, et d'après ce qui vient d'être dit sur les Apennins, il est très-probable que, si on faisait le travail nécessaire pour prendre convenablement la moyenne de toutes les directions pyrénéennes connues, par la méthode indiquée dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, on trouverait un angle Pyrénées-Ténare très-peu différent de 54° 44′ 8″,19, d'où il suit que, sous le rapport de l'orientation, l'*octaédrique* du mont Sinaï convient très-bien pour représenter le *système des Pyrénées*.

Il ne convient pas moins bien sous le rapport de sa position. Il occupe le milieu de la zone des accidents pyrénéens qui s'étend depuis le pied nord du Hartz jusque dans le désert de Sahara, car le système des Pyrénées est un de ceux dont l'influence sur le sol de l'Europe et de l'Afrique est le plus fortement et le plus largement dessinée. Il est parallèle aux axes des différents chaînons de ce système et placé dans le milieu à peu près de la zone qu'ils embrassent et dans le voisinage des chaînons les plus puissants; mais il ne s'identifie avec aucun d'eux, ce qui est conforme à la définition et, comme on le verra dans la suite, aux allures habituelles des grands cercles du réseau qui représentent des systèmes de montagnes. On ne pourrait, je crois, trouver pour le *système des Pyrénées* un meilleur *grand cercle de comparaison*.

Il passe par des montagnes remarquables, mais qui ne sont pas des chaînons du système des Pyrénées, le mont Sinaï, l'Etna, le mont Serrat, qui probablement se sont élevées sur sa direction par l'influence des lois de la symétrie.

Ce grand cercle est absolument distinct du *trapézoédrique* TD*b* qui représente, comme on l'a vu ci-dessus, le système des ballons. Les deux cercles se coupent au point T, situé au N.-O. des îles Lucayes, et à son antipode, sous un angle de 11°39′29″,77, et, dans les parages de l'Asie Mineure et de l'Égypte, ils coupent perpendiculairement un même *dodécaédrique rhomboïdal* en deux points, éloignés de 11°39′29″,77, où leurs tangentes sont parallèles. En France, la distance des deux cercles n'est pas de 11 degrés, et leurs tangentes ne sont pas parallèles. Des perpendiculaires abaissées sur l'*octaédrique* et sur le *trapézoédrique* TD*b*, de Buxières-lez-Belmont (Haute-Marne), ont respectivement des longueurs de 3°55′45″,15[1] et de 6°40′37″ formant une somme de 10°46′22″,15; et ces perpendiculaires forment entre elles un angle de 4°50′53″,98, qui est aussi l'angle formé par des parallèles à l'*octaédrique* et au *trapézoédrique* TD*b*, menées par Buxières-lez-Belmont. En d'autres points de la France, l'angle varierait de 4 à 6 degrés.

Cet angle est déjà assez considérable pour que les deux directions se distinguent quand les observations sont nettes et multipliées, mais il est assez petit cependant pour qu'elles puissent se confondre lorsque les observations sont obscures. M. Durocher a signalé, dans les terrains paléozoïques des Pyrénées, des orientations appartenant au système des ballons qui, au premier abord, semblent se confondre avec les accidents pyrénéens, mais qui sont d'origine plus ancienne.

Les deux directions sont en même temps assez voisines l'une de l'autre pour que les dislocations appartenant au système des ballons aient eu plus de tendance que d'autres à se reproduire à l'époque de la formation du système des Pyrénées; mais il y aurait impropriété d'expression à appeler cette reproduction une *récurrence* du système des ballons. Le mot *récurrence* ne doit être ap-

[1] Études stratigraphiques sur le département de la Haute-Marne, par MM. Élie de Beaumont et de Chancourtois, *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, t. LV, p. 80, séance du 14 juillet 1862.

pliqué qu'à la production d'un nouvel ensemble de dislocation parallèlement à un grand cercle qui a déjà servi d'axe à une première série de fractures, ainsi que M. Pissis l'a observé au Chili. (Voir ci-dessus, page 26.)

Le *trapézoédrique* TD*b*, représentant du système des ballons, ne traverse pas le cadre de la carte géologique de la France ni les parages de la Corse, ce qui fait qu'il n'a pas trouvé place dans le Tableau des données numériques qui fixent dans ces contrées les points où se coupent mutuellement 29 cercles du réseau pentagonal, mais il en a été donné plus haut une monographie détaillée.

Trapézoédrique TI*a* *(système du Morbihan).*

Le cercle inscrit au second rang dans le tableau des 183 intersections est le *trapézoédrique* TI*a*, qui représente le système du Morbihan.

Ce grand cercle, qui est compris dans le tracé de M. Laugel, est assujetti à passer par le point T de l'Etna et par le point I du détroit de Davis, ainsi que par leurs antipodes. Il passe aussi au point *a* qui tombe dans l'océan Indien, un peu à l'E. de Mélinde, et à son antipode qui tombe dans l'océan Pacifique, au nord des îles Marquises. Il a pour pôles les deux intersections triples de l'*octaédrique* des Garrow-Hills, du *dodécaédrique rhomboïdal*, axe volcanique du Pacifique, et d'un *bissecteur* IH, intersections qui tombent près du Japon, au sud de l'île Kiu-Kiu, et à l'antipode de ce point sur la côte du Brésil, au sud de la baie de Laguna.

Le *trapézoédrique* TI*a* entre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté septentrional, et il traverse d'abord la pointe S.-O. de l'Angleterre, en coupant les terrains dévoniens du nord du Devonshire, ainsi que le nouveau grès rouge à l'est de Tiverton, puis les terrains crétacés. Il entre dans la Manche au milieu des petits lambeaux de grès vert et de craie qui forment la côte entre Axmouth et Lymeregis.

Dans la Manche, il rencontre le *primitif* du Land's End, et un peu après il coupe le *trapézoédrique* T*b*, représentant du système de la Vendée, et le *diamétral* D*ac*, représentant du système des Pays-Bas, en un seul et même point situé à 13 kilomètres au N.-N.-O. de Barfleur et sur lequel je reviendrai ultérieurement.

Le *trapézoédrique* TI*a* sort de la Manche par l'embouchure de la Seule et aborde la côte de France par l'extrémité orientale des rochers du Calvados et par la plage de Langrune. Il passe entre le bord de la mer et le pèlerinage, célèbre en Normandie, de Notre-Dame-de-la-Délivrande.

Il coupe l'Orne aux carrières de Ranville, la Dives un peu au-dessous de Troarn, où elle devient navigable, et un peu plus haut il s'identifie pendant quelque temps avec la vallée de cette rivière, puis avec celle de la Vie, qui en est tributaire. Dans cette dernière vallée, il passe à Corbon, à Crèvecœur, au Mesnil-Mauger et près de Livarot.

Au Mesnil-Mauger, il coupe le *trapézoédrique* TD*b*, représentant du système du Finistère, et l'intersection tombe précisément au pont-viaduc où passe le chemin de fer de Paris à Cherbourg, point qui, à la suite de longues recherches, a paru le plus convenable relativement à la direction à donner au tunnel qui traverse les coteaux situés entre la Touque et la Vie. C'est aussi en ce point que la vallée de la Vie commence à s'épanouir pour devenir la large vallée d'Auge, célèbre par la richesse de ses pâturages. Les bœufs qui y sont engraissés sont embarqués par milliers sur le chemin de fer à la station du Mesnil-Mauger, pour être transportés à Paris, au marché de la Villette.

La station du Mesnil-Mauger ne présente rien qui paraisse propre à fixer l'attention, mais elle offre un exemple *actuel*, et pour ainsi dire *pris sur le fait*, de ces combinaisons, en apparence fortuites, qui ont déterminé les emplacements de beaucoup de villes et de forteresses, et qui souvent se sont adaptées, comme ici, aux directions des cercles du réseau pentagonal et même à leurs croisements.

A partir de Livarot, où il quitte la vallée de la Vie, le *trapézoédrique* TD*b* s'engage sur les plateaux formés par les terrains crétacés et tertiaires dont les parties les plus élevées sont connues sous le nom de *Perche*. Il y passe, à un ou deux kilomètres près, par le Sap, la Ferté-Fresnel, Laigle, Chenebrun (où il coupe le *bissecteur* DH de Belle-Île), la Ferté-Vidame, Belhomert, et, poursuivant son cours sur le plateau de la Beauce, il atteint la Loire au pont de Jargeau, un peu au-dessus du point où s'en sépare le canal d'Orléans.

Cette ligne de Livarot à Jargeau suit presque exactement, si même elle n'en marque pas la direction, le seuil proéminent qui, comme M. le vicomte d'Archiac l'a fait remarquer depuis longtemps, s'élève entre le bassin de la Seine et celui de la Loire.

Au-dessus de Jargeau notre cercle entame légèrement, sur la rive gauche de la Loire, le bord de la Sologne, mais bientôt il rejoint la Loire au-dessus de Cosne, et il traverse cette rivière dans l'inflexion produite par les coteaux de Sancerre, qui la rejettent vers l'est. Il va ensuite couper la Nièvre à Beaumont-la-Ferrière, entre la Charité et Prémery, près du point où lui-même il est coupé simultanément par le *primitif* de Lisbonne et par le *diamétral* D*ac*, représentant du système du Forez. Je reviendrai dans la suite sur ce point de croisement.

Poursuivant son cours au milieu de terrains assez plats, notre cercle rase l'extrémité méridionale de la bande de marnes irisées de Saint-Sauge, près du point où il est coupé par le *trapézoédrique* T*abc*, représentant du système du Longmynd : il coupe la vallée de l'Arou et le canal du Nivernais au point où il est coupé par le *trapézoédrique* T*c*, représentant du système du Hundsrück : il rase l'extrémité sud-est du Morvan dans la vallée du Bulvain, où il rencontre le *trapézoédrique* T*b*, représentant du système du Tatra, et enfin il croise le *diamétral* D*ac*, représentant du système de la Côte-d'Or, au midi d'Issy-l'Évêque, dans la région granitique qui s'étend d'Autun à la Loire. Toute cette contrée est découpée à

très-petit point par les accidents géologiques, et j'aurai à y revenir à l'occasion de six cercles différents, qui y trouvent chacun des repères assez précis.

Notre cercle traverse ensuite le Charollais et le Beaujolais, contrées accidentées plus fortement, mais sous d'autres influences. On peut y signaler son passage au cap granitique qui s'avance à Vendenesse vers Charolles, à la montagne schisteuse située à l'ouest de Saint-Léger et au gîte de manganèse de Romanèche.

Passant la Saône à l'inflexion prononcée qu'elle présente entre Thoissey et Belleville, il traverse la région des étangs de la Dombes et va couper le Rhône précisément au point où il est coupé lui-même par le *bissecteur* DH, représentant du système du mont Seny, puis il entre en Savoie par le Pont-de-Beauvoisin.

Dans la Savoie, tout près du passage des Échelles, au sud du lac d'Aiguebellette, notre *trapézoédrique* DI*a* coupe les premières crêtes calcaires dépendantes des Alpes. Il y est coupé à son tonr simultanément par le *trapézoédrique* TT*bbc* (Hécla) et par l'*hexa-tétraédrique* H*aa*. Le point où tombe ce croisement est digne d'attention, parce que c'est celui où une diramation s'opère dans la direction des couches, dont les unes continuent leur cours vers le N. 26° E. à peu près, pour former le bord des Alpes, tandis que les autres s'infléchissent au nord pour se diriger vers le Jura.

Poursuivant son cours vers le S.-E. notre cercle coupe les montagnes de la Grande-Chartreuse par la profonde vallée du Güiers-Vif, où il passe à Saint-Pierre-d'Entremont. Laissant au nord la haute montagne de la Dent-de-Granier qui domine Chambéry et Montmeillan, il passe l'Isère un peu au midi de Goncelin, puis il traverse la chaîne primitive de Belledone par la mine de fer de Theys et par le col des Sept-Laux, l'une des sept merveilles du Dauphiné. Il détache l'extrémité nord et presque isolée de la chaîne granitique des Grandes-Rousses, passe sur les pelouses arrondies du col des Berches et des prés de Paris, et, côtoyant le

pied méridional des aiguilles d'Arve, il vient raser les sources de la Romanche au pied du col du Lautaret.

Traversant ensuite les dernières pentes nord-est du massif granitique de l'Oisans, il suit le flanc sud-ouest de la vallée de la Guisane, où il coupe le *diamétral* D*c*, représentant du système des Alpes occidentales, et le *trapézoédrique* T*a*, représentant du système du Vercors. Plus loin, il passe la Durance au-dessous de Briançon, au milieu des mines d'anthracite du Villars-Saint-Pancrace, et pénètre dans le Queyras où il suit pendant quelque temps la vallée de Saint-Véran, au milieu du terrain jurassique métamorphique et des masses éruptives de serpentine. Il passe enfin en Piémont vers le col Longet, qui conduit de Barcelonnette à Castel-Delfino.

En Piémont, au S.-S.-E. de Coni, notre cercle est coupé simultanément par le *primitif* de la Nouvelle-Zemble, représentant du système du Rhin, et par le *trapézoédrique* TI, représentant du système du mont Viso, croisement remarquable sur lequel j'aurai à revenir ultérieurement. Plus loin, il passe à la cime de la montagne qui domine à l'est le col de Tende et à la masse éruptive de porphyre où se trouve la source du Tanarello, et il entre dans la Méditerranée, à deux kilomètres au S.-O. de Port-Maurice, après avoir coupé à trois kilomètres du rivage le *trapézoédrique* TT*bbc*, qui représente le système du Sancerrois.

Dans la Méditerranée, notre cercle coupe la pointe de l'île de Corse, qui se termine au nord par le cap Corse. Il y entre par le cap appelé le Canelle, traverse les masses de serpentine qui accidentent le terrain nummulitique au N.-N.-O. de Bastia, et, rasant cette ville au N.-E., il rentre dans la Méditerranée, pour se diriger vers l'Etna où il est assujetti à passer.

Le *trapézoédrique* TD*b* traverse la France à peu près par son centre. Il y forme sur la carte une ligne extrêmement peu recourbée, car il faut y mettre de l'attention pour constater, au moyen d'une règle, qu'elle n'est pas absolument droite. Cela montre que

les quinze points d'intersection qu'il traverse ont amplement suffi pour le tracer, et, de plus, que tous ces points ont été bien calculés et bien construits, car la moindre faute aurait produit dans la ligne une inflexion irrégulière. Il ne passe à aucune grande montagne et ne coïncide avec aucun des grands traits de la structure de la France, et cependant il s'harmonise très-bien avec la structure des contrées qu'il traverse, et il rencontre un nombre assez grand de repères précis pour qu'on puisse dire que, si on le dérangeait d'une quantité un peu sensible, sa position serait gâtée. La pointe S.-O. des porphyres du Morvan et le dôme porphyrique de la source du Tanarello suffiraient à eux seuls pour le fixer.

Le *trapézoédrique* TD*b* est compris dans le tracé de M. Laugel. Il traverse les parties les moins connues de l'Afrique et de l'Amérique septentrionale. Il rase l'extrémité occidentale des îles de Lipari, dont il sépare au loin l'île d'Ustica et détache l'angle N.-E. de la Sicile, qui renferme le petit groupe de roches primitives de Messine, où l'orientation du gneiss se rapproche de sa direction. Je n'essayerai pas d'en donner ici la monographie; je dois cependant faire quelques remarques sur les parties de son cours qui sont en dehors de la France.

Après avoir traversé l'Afrique, où il pénètre le long du bord S.-O. du massif montagneux de Barka et où il rase en Nubie l'un des grands contours du Nil, le *trapézoédrique* TI*a* entre dans la mer des Indes par la côte du Zanguebar, un peu au sud du port de Jubo. D'après le tracé de M. Laugel, il passe entre les deux petites îles Albadra dont les axes s'allongent dans sa direction, et il coupe la partie septentrionale de l'île de Madagascar parallèlement à la troncature que présente la côte, du cap Ambro au cap Est.

M. Édouard Guillemin, dont j'ai déjà cité les observations p. 10 de ce Rapport, dit à ce sujet : « Le grand cercle de comparaison du système du Morbihan atteint la grande terre près de Nossi-bé par la côte de la baie de Passandava, et en sort par le fond de la baie d'Antongil, dont il détermine la ligne de thalweg. L'angle que

fait ce grand cercle avec le méridien du 47e degré est de 33° environ. Le système du Morbihan est représenté par le massif de montagnes qui couvre la partie ouest de la presqu'île d'Antongil et qui forme le côté est de la baie[1]. Ces observations paraissent établir très-clairement l'existence du système du Morbihan à Madagascar.

Poursuivi dans la direction opposée, notre grand cercle sort du Devonshire à très-peu près par sa pointe N.-O., près d'Ilfracombe, rase les pointes extrêmes du Pembrokeshire et traverse obliquement l'Irlande, de la pointe granitique de Carnsore, angle S.-E. de l'île, à la masse granitique de Davroshead, extrémité opposée du même diamètre. Dans l'océan Atlantique, il passe à peu de chose près à l'un des angles de la plate-forme sous-marine qui supporte les Îles Britanniques, et il rase la pointe méridionale de celle sur laquelle s'élève plus loin au N.-O. l'îlot de Rockall. Avant d'atteindre le point I qui tombe dans le détroit de Davis, il passe dans un des canaux qui découpent la pointe méridionale du Groënland.

Le tracé de M. Laugel montre que le *trapézoédrique* TI*a* s'adapte à plusieurs traits du continent de l'Amérique septentrionale, où il passe à l'ouest du lac Supérieur, parallèlement à l'une des directions qui se dessinent dans la stratification et dans les filons trappéens de l'île Royale et de la côte adjacente. Il entre dans l'océan Pacifique par la côte de la Californie, et va au midi de l'équateur traverser l'île de Taïti, en effleurant sa masse principale au point où s'en détache vers le S.-E. la presqu'île de Taïrabou.

Appuyé sur Taïti, sur Madagascar, sur l'Etna et sur tous les repères qu'il rencontre en Corse, en France et en Irlande, ce grand cercle est des mieux installés sur la surface du globe. Il nous reste à examiner s'il fournit pour le système du Morbihan, dont on l'a rapproché, un représentant convenable.

Le *grand cercle de comparaison provisoire* adopté pour le système

[1] *Comptes rendus*, t. LIX, p. 993, séance du 12 décembre 1864.

du Morbihan passe à Vannes, où il est orienté vers l'O. 38° 15′ N.[1]. Sa prolongation traverse la Méditerranée un peu au S.-O. de la pointe occidentale de la Sicile; mais comme, en faisant passer ce grand cercle de comparaison par Vannes, on lui assigne une position très-suspecte d'être placée trop au S.-O. pour un système dont il existe des traces en Saxe et peut-être même dans la Russie méridionale, on n'a pas à craindre de le déplacer d'une manière inopportune en le faisant passer par la cime de l'Etna, et le système du Morbihan est du nombre de ceux dont il est le plus naturel de chercher le représentant parmi les cercles du réseau qui passent au point T de l'Etna.

D'après le tableau de la page 843 de la *Notice*, l'angle Morbihan-Ténare est de 29° 27′ 52″. Le *diagonal trapézoédrique* IT, mené du point I, dans le détroit de Davis, au point T de l'Etna, fait, avec le grand cercle de comparaison du *système du Ténare*, un angle de 28°22′37″,55. La différence est de 1° 5′ 14″,45, et on a cru devoir n'attacher qu'une médiocre importance à une différence d'un degré et quelques minutes. En effet, on a déterminé, page 137 de la *Notice*, l'orientation du *système du Morbihan*, d'après une seule ligne géographique, celle de l'île de Noirmoutier à l'île d'Ouessant. Cette ligne est très-bien jalonnée par les petites îles de la côte de Bretagne; mais, comme ces îles, quoique très-petites, ne sont pas des points mathématiques, il n'est pas possible de répondre d'une manière absolue de l'orientation de la ligne, et le résultat de la mesure peut bien être en erreur d'un degré. Il est même à remarquer qu'en transportant ce cercle à Vannes on aurait dû faire subir à l'expression de son orientation une certaine correction. On n'avait pas pensé, à cette époque, devoir tenir compte d'une aussi petite quantité, et la correction serait venue en défalcation de l'angle Ténare-Morbihan, et par suite en déduction de la différence 1° 5′ 14″,45, qui, en elle-même, n'est déjà pas très-considé-

[1] *Notice*, p. 138.

rable[1]. Ce cercle paraît donc représenter très-heureusement le système du Morbihan.

Plusieurs des accidents orographiques et géologiques signalés sur son cours sont à la vérité d'une date beaucoup plus récente que le système du Morbihan, qui remonte à la période silurienne. Tel est, par exemple, le bombement que présentent les dépôts jurassiques crétacés et tertiaires, depuis les rochers du Calvados jusqu'aux environs d'Orléans; mais on peut attribuer leur surélévation à la mobilité dont le sol ancien sous-jacent est redevable à d'anciennes fractures qui sont restées pour les secousses de tous genres des lignes de plus facile propagation. La *Notice sur les systèmes de montagnes* insiste souvent sur des faits de ce genre et sur la tendance qu'ont toujours eue les roches éruptives à se montrer aux points de croisement des cercles du réseau pentagonal, d'où il résulte qu'un accident très-moderne peut être un excellent jalon pour le *grand cercle de comparaison* d'un système très-ancien. Ainsi l'Etna s'est élevé au point de rencontre des *grands cercles de comparaison* des systèmes des Pyrénées et du Morbihan, beaucoup plus anciens l'un et l'autre que les premières éruptions des matières volcaniques qui le composent. Ainsi le volcan de Guatemala s'est placé, à peu de chose près, sur le grand cercle de comparaison du système des ballons, etc.

Remarques relatives au système du Thüringerwald.

La direction adoptée d'abord pour le sysfème du Morbihan étant à Vannes O. 38°15′ N. et celle adoptée pour le système du Thüringerwald étant en Allemagne O. 40° N. environ, on a paru croire quelquefois que les orientations des deux systèmes étaient peu différentes et pourraient être confondues; mais, en raison de la différence de longitude des lieux auxquels deux orientations

[1] *Notice*, p. 1102.

se rapportent, elles sont loin d'être équivalentes, et, transportées en un même point, elles s'éloignent l'une de l'autre d'environ 10 degrés.

Le *grand cercle de comparaison provisoire* employé, page 384 de la *Notice*, pour le *système du Thüringerwald*, passe un peu au midi de Remda. Il s'éloigne plus du méridien que le *grand cercle de comparaison du système du Ténare*, et, d'après le tableau page 842 de la *Notice*, il fait avec ce dernier un angle de 37° 25′ 20″; or l'un des grands cercles *primitifs* du réseau, le *primitif* de Saint-Kilda, dont la monographie a été donnée ci-dessus, page 148, fait avec celui qui représente le *système du Ténare* un angle de 36 degrés : la différence est de 1° 25′ 20″. Ce grand cercle a paru devoir être adopté pour représenter le système du Thüringerwald. La différence 1° 25′ 20″ ne peut être regardée comme très-considérable, si l'on observe que l'orientation O. 39° N., qui a été admise page 384 de la *Notice*, n'est que la représentation de l'orientation en nombres ronds O. 40° N., que l'auteur avait employée originairement[1]. Ce grand cercle, qui, ainsi qu'on l'a vu ci-dessus, page 149, rase le pied septentrional du Thüringerwald et du Böhmerwaldgebirge, paraît répondre très-complétement à toutes les conditions qu'on peut exiger pour représenter convenablement le *système du Thüringerwald*.

Ce système, ainsi qu'on l'a établi dans la *Notice*, page 382, remonte à une époque intermédiaire entre les périodes du trias et du lias, mais, comme pour d'autres systèmes plus anciens encore, les phénomènes éruptifs modernes se sont attachés à sa direction, car, sur la côte orientale de la mer Rouge, au pied de la chaîne arabique, dont le *primitif* de Saint-Kilda suit la direction, on trouve, sur une grande étendue, des traces multipliées de phénomènes éruptifs d'un âge certainement très-voisin de l'époque actuelle[2].

[1] *Notice*, p. 1052.

[2] *Comptes rendus*, t. LII, p. 462, séance du 11 mars 1861. Rapport de M. Charles Sainte-Claire Deville sur un

Le *primitif* de Saint-Kilda coupe le *trapézoédrique* T1*a* au point I du détroit de Davis et à son antipode, sous un angle de 10°21′45″,26[1]. Dans l'Europe occidentale, ils sont séparés par la distance de Remda (Saxe) à Charolles (Saône-et-Loire), qui est d'environ 700 kilomètres. Étant très-bien jalonnés l'un et l'autre, ils ne peuvent être ni confondus, ni remplacés l'un par l'autre, ni cités comme offrant un exemple de la *récurrence* des directions. Les systèmes du Morbihan et du Thüringerwald sont aussi distincts l'un de l'autre que les systèmes des ballons et des Pyrénées.

Diagonal I*b* *(système du mont Serrat).*

Le grand cercle qui vient en troisième ligne dans le tableau des 183 intersections, qui forme la base du présent chapitre, est le *diagonal* I*b*. Il passe comme le précédent au point I du détroit de Davis, mais, au lieu de se diriger vers l'Etna, il va rencontrer un point *b* situé dans les déserts de la Libye, à l'est de Mourzouk. Ne passant à aucun point T, il n'appartient pas à la classe des *trapézoédriques*, mais seulement à celle des *diagonaux*.

M. Vézian, dans son article sur le système du mont Serrat, déjà cité précédemment, page 2, dit textuellement[2] : « On peut adopter pour grand cercle de comparaison du *système du mont Serrat* une ligne menée sur le pentagone européen (voir pl. V de la *Notice*) et partant du point *b*″ pour aboutir au point I⁗. Cette ligne commence à l'entrée du détroit d'Hudson, touche le cap Farewell, à l'extrémité sud du Groënland, coïncide avec la limite sud-est de la plateforme qui entoure les Îles Britanniques et la France du côté de l'Océan. Elle traverse ensuite les Pyrénées dans leur partie cen-

mémoire de M. Courberon, chirurgien de la marine de 1re classe, intitulé : *Résultats relatifs à l'histoire naturelle obtenus pendant le cours d'une exploration de la mer Rouge*, exécutée en 1859-1860, par ordre de l'Empereur, par le capitaine de frégate Russell.

[1] *Notice*, p. 1129.

[2] *Comptes rendus*, t. XLIII, p. 752, séance du 20 octobre 1856.

trale, passe par Barcelone et l'île de Minorque, et entre dans la continent africain aux environs de Bone. »

Ce grand cercle entre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté occidental, en coupant l'*octaédrique* du Mulehacen en un point qui tombe dans les ornements de l'encadrement. Dans l'Océan, conformément à la remarque de M. Vézian, il suit approximativement la ligne légèrement festonnée qui marque le contour du soubassement continental et le sépare des eaux profondes. Il aborde la côte des Landes par la ligne de dunes qui la défend et la menace, entre les étangs de Bicarosse et de Mimisan. Mimisan doit une certaine célébrité à la rapidité avec laquelle empiètent sur son territoire les sables poussés par le vent, phénomène sur lequel le réseau pentagonal n'exerce pas d'influence directe. Après avoir traversé les Landes et passé l'Adour entre Saint-Sever et Grenade, le *diamétral* I*b* aborde les collines subpyrénéennes. Il laisse entièrement au S.-O. la région légèrement accidentée appelée la Chalosse, dont il rase l'angle N.-E. Il parcourt les plateaux monotones du Bigorre et arrive droit au plus élevé de tous, le plateau tourbeux de Lannemezan, devenu, à cause de sa situation dominante, une position stratégique et le point de départ de grands travaux d'irrigation. Laissant à deux kilomètres au N.-E. la ville même de Lannemezan, notre cercle entre dans les Pyrénées par l'angle saillant, formé de calcaire jurassique soulevé, autour duquel tourne la rivière de Neste pour aller se jeter dans la Garonne. Laissant Saint-Béat à quatre kilomètres au N.-E., il passe à Mauléon et à Cierp, au milieu d'une réunion nombreuse de roches d'éruption et d'accidents minéralogiques qui ont fourni des pages pleines d'intérêt aux descriptions locales et qui marquent la terminaison extrême du chaînon oriental des Pyrénées.

Bientôt après, passant au mont Bocanère et coupant le *trapézoédrique* T*abc*, représentant du système du Longmynd, il entre dans la vallée d'Aran, territoire espagnol tributaire de la France par ses eaux, qui en formeraient un lac si elles ne s'échappaient

par le canal souterrain appelé le Trou-du-Toro, pour donner naissance à la Garonne.

Passant à un kilomètre au N.-E. de Salardi, où il rase une petite proéminence granitique, notre cercle va couper à son extrémité orientale, où elle est complétement abaissée, la masse granitique de la Maladetta, qui est elle-même la pointe orientale et pour ainsi dire la tête du chaînon occidental des Pyrénées; puis il entre insensiblement sur le versant espagnol de la chaîne, où il passe à Rialp et où il laisse à 7 ou 8 kilomètres au N.-E. les villes d'Urgel et de Braga.

Les deux grands chaînons des Pyrénées chevauchent d'une certaine quantité l'un par rapport à l'autre. Celui qui est en avant du côté de la France dépasse l'extrémité orientale de l'autre. Ils laissent entre eux un jour oblique occupé par la vallée d'Aran. S'accommodant à cette obliquité, le *diamétral* I*b* rase, en les effleurant à peine, l'extrémité occidentale du premier chaînon et l'extrémité orientale du second, avec une adresse dont j'ai déjà signalé ailleurs d'autres exemples et qui, partout où elle s'observe, devient une preuve manifeste de *connivence* entre le réseau pentagonal et les phénomènes naturels.

La monographie complète de ce grand cercle n'a pas encore été faite. Il traverse les parties les moins connues de l'intérieur de l'Afrique et de l'Amérique septentrionale; mais on voit que, dans les parties où on a pu l'étudier, son cours est jalonné avec une précision délicate par les phénomènes géologiques.

Quant à l'exactitude avec laquelle ce même cercle représente l'orientation du *système du mont Serrat*, on peut s'en rapporter à M. Vézian, qui ne l'a choisi qu'après un examen attentif pour *grand cercle de comparaison* du système nouveau dont il a enrichi la science.

Hexatétraédrique H*baab (de Nontron).*

Le grand cercle placé au quatrième rang sur le tableau des 183 intersections est l'*hexatétraédrique* H*baab*. Ce cercle va, en traversant la France, du point *a* voisin de Minorque au point *a* voisin de la pointe du Cornouailles. D'après les conditions de la symétrie pentagonale, il passe en même temps au point *b* situé au S.-O. de l'Islande, au point *b* situé dans le désert de Libye, près de Mourzouk, où passe déjà le *diamétral* I*b* du mont Serrat, et au point H situé au midi de Madagascar. Il passe de même au point H situé au S.-O. de la Californie et aux points *b*, *a*, *a*, *b*, antipodes des précédents.

Ce cercle est perpendiculaire au *primitif* de Lisbonne, et il a pour pôles les deux points où ce cercle est coupé simultanément par les deux *bissecteurs* IH, qui ont pour pôles les deux points *a*, et par les deux *bissecteurs* DH, qui ont pour pôles les deux points *b*, intersections quintuples qui sont très-exactement figurées dans le tracé de M. Laugel, l'une dans le Paraguay, au S.-O. de l'Assomption, et l'autre dans le canal de Formose, entre la Chine et cette grande île.

Notre cercle occupe une position très-symétrique dans le réseau, et il est l'homologue exact d'un autre *hexatétraédrique* H*baab* qui représente, comme on le verra plus loin, le système des Alpes principales. Cette double circonstance a donné à M. Élie de Beaumont l'idée de l'étudier, comme il avait étudié par le même motif d'autres cercles H*baab* qui se sont trouvés être eux-mêmes des cercles favorisés. Les données numériques de l'un de ces derniers sont comprises dans le tableau relatif à 159 cercles du réseau. Celles de notre cercle actuel ne s'y trouvent pas; je les consigne ici :

$$L = 61^\circ 36' 15'',06 \text{ O.} \qquad b = 26^\circ 12' 46'',89.$$

Notre *hexatétraédrique* H*baab* entre dans le cadre de la carte

géologique de la France par le côté occidental du cadre, où il coupe le *primitif* du Land's End et l'*octaédrique* du Mulehacen au point *a* situé en dehors du cadre. Ce point tombe dans la mer, et le cercle aborde le Cornouailles par l'entrée de la rivière de Saint-Earth; puis il s'étend sur les collines de Killas voisines de Helston, et il entre dans la Manche en traversant le district serpentineux du cap Lizard. Sur le tableau d'assemblage il passe à la pointe même du cap Lizard, et sur la carte géologique générale il laisse cette pointe à un kilomètre environ dans le S.-O. C'est là une de ces légères discordances auxquelles j'ai fait allusion.

Au delà de la Manche, notre cercle, rasant les récifs de Triagoz, aborde la Bretagne par la pointe située au S.-O. des Sept-Îles, pointe granitique élevée qui est un des traits proéminents de la configuration de la côte.

Cheminant ensuite sur des terrains granitiques et schisteux, accidentés en petit, où il laisse à l'ouest Lannion et à l'est Guingamp, il va passer au sud de Quintin, à la montagne schisteuse de Lanfains, base de l'un des signaux de la grande triangulation qui joint Brest à Strasbourg. Cette montagne, élevée de 324 mètres, domine jusqu'à une grande distance toutes les petites montagnes environnantes, à l'exception du Menez-Belair, autre sommet de la même chaîne de triangles, qui est situé à 23 kilomètres à l'E.-S.-E. et qui la surpasse de 15 mètres (339 mètres).

De la montagne de Lanfains, notre cercle s'avance vers le bourg de la Trinité à travers les terrains schisteux, en profitant d'un jour que laissent entre elles des masses orientées à peu près de l'est à l'ouest, qui paraissent d'abord n'avoir avec lui aucun rapport, mais qui semblent s'écarter pour le laisser passer; à l'ouest, les schistes métamorphiques qui s'étendent de Goarec à Loudéac; à l'est, quatre masses granitiques dont les deux plus considérables sont celles de Moncontour et de Plouguenas. Notre cercle rase avec précision cette dernière, laissant les autres à d'assez faibles distances. M. Puillon-Boblaye d'abord, MM. Dufrénoy et de Billy ensuite, ont mis beau-

coup de soin à dessiner les limites de ces diverses roches, et j'ai tout lieu de penser que leur exactitude laisse fort peu de chose à désirer.

De la Trinité aux rives de la Loire, qu'il passe un peu au-dessus de Nantes, notre cercle traverse une contrée où toutes les couches paléozoïques, dont le sol est principalement composé, sont fortement repliées suivant la direction du système des Ballons, à laquelle notre cercle est oblique, et dont la surface presque rase ne nous offre aucune observation essentielle à consigner. On pourrait seulement remarquer la manière dont le cercle s'adapte à certains accidents des cours d'eau.

Au delà de la Loire, l'*hexatétraédrique* H*baab* suit à peu près la ligne de faîte du Bocage vendéen, en laissant à 3 ou 4 kilomètres au N.-E. ou au S.-O. les localités historiques de Clisson, Tiffauges, les Herbiers, Pouzauges, Saint-Pierre-des-Moutiers, la Châtaigneraye. Les gorges pittoresques de Clisson, par la hardiesse de leurs escarpements granitiques, semblent désignées comme le résultat d'un déchirement dû peut-être à un effort souterrain dont on ne voit pas l'agent; mais notre cercle côtoie, à 2 ou 3 kilomètres de distance, dans un sens presque parallèle à sa longueur, la masse de porphyre coupée par le Grand-Lay, et il rase à une distance plus petite encore l'extrémité méridionale du terrain houiller de Vouvant. On ne saurait nier que notre cercle soit dans une remarquable harmonie avec les principaux traits de la protubérance vendéenne, en même temps qu'il est parallèle à toute la partie supérieure de la vallée de la Sèvre nantaise qui la borde au N.-E.

Dans les plaines calcaires des Deux-Sèvres, de la Charente et de la Dordogne, notre cercle passe aux saillies granitiques voisines de Chavagné et de Marthon et aux protubérances de lias souvent métallifère qui les entourent ou qui se relèvent isolément, notamment à Melle, siége d'un ci-devant hôtel des monnaies. Ces protubérances forment l'axe à partir duquel les couches jurassiques du Poitou s'enfoncent sous le bassin de la Gascogne. Notre cercle re-

présente assez exactement cet axe, qui serait par conséquent dans la prolongation de la crête de la Vendée. Plus loin, l'*hexatétraédrique* H*baab* rase près de Nontron, à une très-petite distance, la pointe S.-O. des granites du Limousin, autour de laquelle se relève encore le lias, qui de même y est métallifère et contient notamment des gisements bien connus de manganèse. Notre cercle côtoie, à un kilomètre de distance, les concessions de mines accordées pour l'exploitation de ce métal.

Traversant l'Isle à Savignac et la Dordogne au-dessous de Souillac, après avoir coupé, à l'est de Sarlat, le diamétral D*ac* du système de la Côte-d'Or, notre cercle suit de loin le contour du bassin secondaire du S.-O. Avant d'atteindre le Lot, il coupe, près de Saint-Cels, en un seul et même point, le *trapézoédrique* T*b* du système de la Vendée et le *trapézoédrique* T*abc* du système du Longmynd. Traversant le Lot à Cajarc, et passant à 4 kilomètres au S. de Villefranche, il pénètre, entre cette ville et Najac, dans le massif des montagnes de l'Aveyron, presque exactement au point où cesse la ceinture de grès bigarré qui le borde plus loin vers le midi. A son entrée dans les granites, notre cercle se trouve entouré de nouveau par des gisements métalliques, plomb argentifère, zinc, cuivre, manganèse, qui rappellent ceux de Nontron et de Melle et qui ont donné des espérances non encore complétement réalisées : mais aux yeux de la géologie la richesse des gîtes est un point secondaire. Le cercle rase ici l'extrémité S.-O. d'une masse de granite porphyroïde qui a peut-être été le centre d'émanation des substances métalliques, et il passe aussi à peu de distance de petites masses éruptives de diorite et de serpentine.

Il traverse ensuite, dans un sens presque perpendiculaire à leur direction, les roches anciennes des parties montagneuses des départements du Tarn et de l'Hérault, où je mentionnerai seulement son adaptation aux accidents du cours de plusieurs rivières, notamment aux contours compliqués de la vallée du Tarn dans les environs d'Ambialet.

Il sort enfin de la région montagneuse en passant très-près de Saint-Chinian, et, traversant les plaines tertiaires, il va couper, à l'embouchure de l'Aude, avant d'entrer dans la Méditerranée, la pointe extrême de la montagne de la Clape, montagne à formes hardies, formée de calcaires du terrain crétacé inférieur, dont il rogne environ un kilomètre.

L'*hexatétraédrique* H*baab*, traversant la carte obliquement jusqu'à sa limite occidentale, est placé de la manière la plus favorable pour le développement de sa courbure, qu'une règle rend très-sensible. Cette courbure est parfaitement régulière, ce qui montre que les intersections qui ont servi à tracer le cercle ont été bien calculées et bien construites : remarque qui s'applique, ainsi que le lecteur peut s'en assurer, à tous les autres cercles figurés sur la même carte et que je m'abstiendrai de reproduire ultérieurement.

La courbure de la ligne qui nous occupe, quoique très-sensible à la règle, n'a cependant qu'une flèche peu considérable, qui dépasse à peine 1 millimètre et qui à l'échelle de la carte ne représente que 2 kilomètres. C'est une distance bien peu considérable, et il est par conséquent évident qu'on n'aurait pas commis de bien graves inexactitudes en remplaçant la courbe par une ligne droite. Cependant, eu égard à la précision avec laquelle notre cercle s'adapte aux accidents orographiques et géologiques, on ne peut admettre ici qu'une très-faible tolérance. En effet, les caps, les sommets ou extrémités de montagnes avec lesquels il coïncide à moins d'un kilomètre près, sont pour ainsi dire des points sans largeur, et les localités métallifères que notre cercle rase ou traverse n'ont, perpendiculairement à sa direction, que des largeurs de 3 à 4 kilomètres, à l'exception de celle des environs de Villefranche qui est plus étendue. Si donc on déplaçait le cercle de 3 ou 4 kilomètres seulement, c'est-à-dire d'environ deux minutes, on gâterait complétement sa position. Il perdrait le privilége de passer par les points caractérisés qui ont été cités, et il ne trouverait pas à côté une

autre file de points équivalents ; on n'aurait plus qu'un cercle insignifiant.

On n'a pas encore cité de système de montagnes auquel l'*hexatétraédrique* H*baab* puisse servir de *grand cercle de comparaison.* Les points remarquables qui se rencontrent sur son cours paraissent, jusqu'à présent, s'y être placés par le seul effet des lois de la symétrie.

La monographie de ce cercle pour les parties extérieures à la France n'a pas encore été faite. D'une part il traverse la régence de Tunis et le cœur de l'Afrique, de l'autre la pointe S.-O. de l'Irlande, le Groënland et l'intérieur de l'Amérique septentrionale.

Trapézoédrique TT*bbc. (Failles de la Haute-Marne, Hécla.)*

Le grand cercle inscrit au cinquième rang dans le tableau des 183 intersections est le *trapézoédrique* TT*bbc*, adopté comme grand cercle de comparaison d'un système de failles observé dans le département de la Haute-Marne et qui se trouve passer en Islande par l'Hécla, à très-peu de chose près.

Il passe au point T situé dans les parages de l'Écosse près de Saint-Kilda, au point T situé dans l'Amérique septentrionale entre les montagnes Rocheuses et l'île de la Reine-Charlotte, au point *b* situé dans le désert de Libye près de Mourzouk, au point *b* situé près de Sofala, au point *c* situé dans l'océan Austral, au N.-O. des îles Marion et Crozet, ainsi qu'aux antipodes de ces cinq points. Il a pour pôles les deux points où se croisent les cercles dont ces cinq points et leurs antipodes sont les pôles, intersections multiples qui figurent dans le tracé de M. Laugel, et qui tombent l'une dans la mer de la Chine, entre les îles de Luçon et d'Hay-nan, et l'autre dans l'Amérique méridionale, au S.-E. de Santa-Cruz de la Sierra.

Ce grand cercle entre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté septentrional, et traverse dans la partie méridionale de l'Angleterre le comté de Kent. Au midi de la Manche,

il aborde la France par l'embouchure de la Somme, dont il traverse le cours entre Abbeville et Saint-Valery. Parcourant ensuite les terrains crétacés et tertiaires de la Picardie et du bassin de Paris, où, dans le but d'abréger, je m'abstiens d'indiquer les rapports de détail qu'il présente avec la topographie et le cours des rivières, il va couper l'Yonne un peu au-dessous de Saint-Florentin; et il abandonne les coteaux de craie précisément à partir du point où cette rivière s'y engage, ce qui forme la contre-partie de son entrée en France par l'embouchure de la Somme.

De là remontant d'abord la vallée du Serain, dont il ne s'éloigne que faiblement, il va couper obliquemeut la Saône à Tournus, où il passe avec elle dans l'ouverture du terrain jurassique qui donne issue à ses eaux; mais dans l'intervalle, entre Saint-Florentin et Tournus, il donne lieu à de nombreuses observations.

Sur le plateau de calcaire oolithique inférieur, le *trapézoédrique* TT*bbc* coupe en un seul et même point le *primitif* de Lisbonne et le *trapézoédrique* T*abc*, représentant du système de Longmynd. Ce point de croisement, sur lequel j'aurai à revenir, est remarquable par la position toute spéciale qu'il occupe à l'égard de la protubérance du Morvan, relativement à laquelle les trois cercles qui se croisent forment deux tangentes et une sécante, placée d'une manière particulière.

Notre cercle est tangent à la protubérance du Morvan du côté oriental. Il côtoie la vallée du Serain au-dessous de Saulieu, en passant au point où le granite commence à s'élever pour former les montagnes, dans lesquelles il est presque partout à nu, et il laisse à l'est les plateaux d'arkose et de lias qui les entourent et où le granite ne se voit plus que dans le fond des vallées. Sur le tableau d'assemblage, où le relief du sol n'est pas exprimé, ces bandes de granite mises à jour par le fond des vallées compliquent la figure, mais sur la carte géologique générale on voit très-bien que notre cercle marque le pied oriental du Morvan.

Une disposition analogue existe un peu à l'ouest d'Arnay-le-

Duc, mais ici déjà la structure du sol devient extrêmement compliquée, et elle ne pourra être distinctement figurée que sur la carte géologique détaillée. Le granite, le porphyre, le terrain houiller, le trias, le lias et le calcaire oolithique forment une quantité de petits compartiments qui font du sol une véritable pièce de marqueterie. Or l'existence d'une pareille complication dans cette contrée est en parfaite harmonie avec les circonstances qu'y présente le réseau pentagonal, car elle se rattache au fait qu'ici, dans un petit espace, notre cercle en coupe trois autres, savoir : le *trapézoédrique* T*c*, représentant du système du Hundsrück, le *diamétral* D*ac*, représentant du système de la Côte-d'Or, et le *trapézoédrique* T*b*, représentant du système de Tatra; d'où il résulte que le sol y a été soumis directement à quatre influences distinctes, agissant dans des sens différents, sans compter les autres influences qui pouvaient s'exercer de plus loin.

Dans ce dédale, où il serait difficile de se reconnaître sans guide, chacun des quatre cercles a rencontré de lui-même un certain nombre de points auxquels il s'adapte rigoureusement, preuve que le désordre n'est qu'apparent.

Le *trapézoédrique* TT*bbc* rase l'extrémité N.-E. du lambeau de lias où s'exploite la mine de fer de Thucy, et l'extrémité N.-E. du terrain houiller d'Épinac, encastrée entre trois masses distinctes de porphyre, de granite ordinaire et de granite porphyroïde. Il passe entre d'autres petites masses de granite qui supportent le lias à l'O. de Nolay, coupe l'extrémité des marnes irisées dans lesquelles se trouve le gypse exploité à Saint-Léger-sur-Dhenne, au point où elles vont disparaître sous les couches du lias qui forme les flancs de la vallée et tronque légèrement, près de Saint-Berain, l'extrémité apparente du terrain houiller du Creuzot et de Blanzy. Il rase l'extrémité de la bande granitique qui supporte au S.-E. ce terrain houiller, tronque légèrement l'extrémité du lias avant qu'il se perde sous le terrain oolithique dans la vallée de l'Orbise, et, après avoir traversé, entre Givry et Senecey, un golfe rempli par les dépôts

récents de la Bresse, rase encore au S.-O. de Senecey les extrémités des bandes de granite et de lias qui supportent le terrain oolithique. Il effleure ensuite la crête des coteaux oolithiques qui s'étendent de Senecey à Tournus, et s'échappe enfin avec la Saône par une tranchée à flancs oolithiques pour aller s'étendre dans la Bresse.

Si, après ces indications, le lecteur jette de nouveau les yeux sur la carte, il en saisira mieux les traits que leur petitesse rend obscurs dans les détails, et il comprendra que de Saint-Florentin à Tournus notre cercle, en rasant la protubérance du Morvan, suit une ligne jalonnée avec la plus remarquable précision par les accidents géologiques. Cette ligne est probablement destinée à servir de point de départ pour la recherche des mines dans cette contrée, particulièrement des mines de houille, car, en voyant que le terrain houiller s'arrête à une troncature rectiligne, on a lieu de penser qu'il peut se prolonger au delà, à un niveau inférieur.

Le *trapézoédrique* TT*bbc* passe à 2 kilomètres au S.-O. de Bourg en Bresse et aborde le Jura par Pont-d'Ain. Il rase à 1 kilomètre de distance le promontoire élevé que forme le calcaire oolithique inférieur entre le Furand et l'Ain, et, passant à Amberieu, il suit le contour qui s'étend de cette ville à Douvres, où il entre définitivement dans le massif jurassique.

Côtoyant le Rhône et ensuite le Guier, d'Amberieu aux Échelles, à 4 ou 5 kilomètres de distance, notre cercle trace une direction parallèle à celle suivant laquelle se relèvent les marnes irisées et le lias près de Lagnien et aux principaux accidents stratigraphiques de la terminaison S.-O. du Jura. On peut remarquer aussi son parallélisme avec la direction générale de la vallée du Chéran, de la Chapelle à Rumilly, en Savoie.

Au N.-O. des Échelles, il passe au point du croisement déjà cité plus haut, où il coupe simultanément le *trapézoédrique* Tl*a* (système du Morbihan) et l'*hexatétraédrique* H*aa*. Il coupe ensuite le massif des montagnes de la Grande-Chartreuse, où il rase le flanc N.-O. de la montagne du Grand-Som. Il franchit la vallée de l'Isère

entre Lumbin et Crolles, puis la chaîne primitive qui en couronne le flanc gauche, et il rase à 1 kilomètre de distance vers le N.-E. le point culminant de cette chaîne, le roc de Belledone, élevé de 2,981 mètres.

Dans l'Oisans, notre cercle traverse, en passant presque par leurs clochers, les communes d'Allemont, d'Huez et d'Auris, célèbres par leurs richesses minéralogiques, et, laissant au nord le massif granitique des Grandes-Rousses, il passe au mont de Lans, où il coupe la Romanche et la route impériale entre les deux masses porphyriques que cette route traverse en galerie. Il pénètre enfin dans le massif granitique de la Bérarde, où il passe exactement au confluent du Montrion et de la Lavette, qui en reçoivent toutes les eaux, dont le cours ultérieur, dans le Vénéon et la Romanche, côtoie longtemps notre cercle, puisqu'elles passent comme lui à Allemont.

Ce cercle sort de la masse imposante et sauvage des granites du Dauphiné par le col de la Muande, et, après avoir coupé le val Godemard et le val d'Orcières, presque à leur naissance, il arrive enfin à la Durance en passant vers le sud au pied des remparts d'Embrun.

En jetant un coup d'œil sur la carte géologique générale de la France, où sont dessinées avec soin les montagnes Hardies qui s'élèvent entre la Romanche et la Durance, on est frappé de voir combien de crêtes, soit granitiques, soit nummulitiques, sont parallèles à notre cercle, qui représente sans doute un mouvement du sol postérieur au dépôt du terrain nummulitique.

Il traverse la vallée de Barcelonnette par un point de convergence de plusieurs torrents situé au centre de la vallée, au-dessous de la ville, et il pénètre ensuite dans la vallée du Var. Il coupe cette dernière rivière près d'Entraunas, à peu de distance de sa source, et il suit la direction générale de son cours très-sinueux, qu'il coupe de nouveau un peu au-dessous de Pujet-Théniers.

Coupant le massif montagneux qui rejette le Var vers l'est près des extrémités des quatre crêtes de calcaire jurassique qui en

forment en quelque sorte l'ossature, et passant entre les petites villes subalpines de Vence et de Saint-Paul, notre cercle rentre encore dans la vallée du Var, dont il suit les terrains plats jusqu'au rivage de la Méditerranée. Il entre enfin dans cette mer à 4 kilomètres à l'ouest de l'embouchure du Var, et il quitte le sol de la France où il était entré par l'embouchure de la Somme après s'être adapté à ses rivières avec autant de précision qu'à ses montagnes.

Dans la plaine du Var, à Cagnes, notre cercle coupe simultanément trois autres des cercles du réseau figurés sur le tableau d'assemblage, savoir : le *primitif* de la Nouvelle-Zemble (système du Rhin), le *trapézoédrique* TT*bbc* (système du Sancerrois), et l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a*.

Un homologue de ce dernier cercle, occupant une position symétrique à la sienne par rapport au *primitif*, passe aussi au même point et aurait pu être figuré; mais il n'a pas été compris dans les calculs.

Malgré cette omission, le point de croisement dont nous parlons est des plus remarquables, tant par la position qu'il occupe que par les cercles qui y passent. J'aurai à y revenir plus d'une fois.

Le *trapézoédrique* dont nous parlons avait lui-même été omis dans l'origine, et il ne figure pas sur la carte du pentagone européen, formant la planche V de la *Notice*. Mais M. Élie de Beaumont, ayant observé dans le département de la Haute-Marne, avec M. de Chancourtois, un groupe assez nombreux de failles dirigées vers le S. 31° 15′ O.[1] qui s'écartait notablement des directions de tous les systèmes admis, pensa qu'il devait appartenir à un système nouveau dont il y avait lieu de chercher dans le réseau pentagonal le *grand cercle de comparaison*. Il remarqua alors que, le *trapézoédrique* TT*bbc*, représentant du système du Sancerrois, étant un cercle parfaitement installé sur les accidents orographiques et géologiques, il

[1] *Comptes rendus*, t. LV, p. 80, séance du 14 juillet 1862.

pourrait en être de même de l'homologue qui lui était symétrique au point de croisement de Cagnes, et que ce dernier pénétrait dans l'intérieur de la France avec une orientation analogue à celle qu'on cherchait. Tout le reste a suivi.

Le *trapézoédrique* TT*bbc* touche le pied du Morvan, à 100 kilomètres environ des points où les failles avaient été observées. A son croisement avec le *primitif* de Lisbonne, près de l'Isle, il a l'orientation 150° 0′ 16″, 26 ou S. 29° 59′ 43″, 74 E., qui, transportée à Buxières-lez-Belmont, devient S. 28° 53′ 14″ 11 E. et diffère de 2° 21′ 45″, 89 de la direction assignée aux failles. Comme il est impossible de répondre de 2 degrés dans l'orientation moyenne des failles qui traversent un terrain couvert et qui sont sujettes à de nombreux rejets, l'accord peut être regardé comme satisfaisant, et le *trapézoédrique* TT*bbc*, dont la position au pied du Morvan est parfaitement convenable pour le représentant d'un système de failles situées dans la Haute-Marne, a pu être admis comme le représentant de ce système.

La monographie du *trapézoédrique* TT*bbc*, pour les parties de son cours qui sont extérieures à la France, n'a pas encore été faite.

D'une part, il traverse la Sardaigne et ensuite l'Afrique entière dans ses parties les moins connues, pour en sortir par Sofala. Le port de Sofala a déjà été cité, pages 84 et 128, comme offrant un repère pour le *dodécaédrique régulier* des Açores et de la terre de Van-Diémen et pour le *primitif* du cap Castle, qui s'y coupent à angle droit en un point *b*. Il doit être noté aussi comme l'un des repères du *trapézoédrique* TT*bbc*, assujetti à passer à ce même point *b*.

Du côté opposé, notre cercle traverse les Îles Britanniques et ensuite les parties boréales de l'Amérique septentrionale, dont il sort près de l'île Vancouver; mais, avant d'atteindre le Groënland, il passe en Islande, où son cours a été étudié.

Tracé sur les cartes publiées par le dépôt de la Marine en 1823 et 1836, et sur la belle carte topographique de l'Islande en

quatre feuilles, à l'échelle du 480,000e, exécutée sous la direction de M. O.-N. Olsen et publiée à Rejkiavik, en 1844, par la Société littéraire d'Islande, le *trapézoédrique* TT*bbc*, dont la direction est ici N. 50° N. environ, aborde l'Islande par sa partie méridionale, qui est la moins accidentée, près de l'embouchure de la rivière Eiler-Aae. Il en sort vers le N.-O. en rasant le cap Staabierg-Huk, qui est la pointe de l'Islande la plus avancée vers l'ouest.

En traversant l'île obliquement, il passe au milieu des montagnes volcaniques de la partie méridionale, au nombre desquelles se trouve l'Hécla, qui, sans être la plus élevée, est considérée comme le volcan principal de ce groupe. Notre cercle laisse au S.-O. le Myrdals Jökul, l'Oster ou Eyjafjalla Jökul, élevé de 1,818 mètres, qui était en activité en 1823, le Tidfjalla Jökul, élevé de 1,684 mètres, et au N.-O. l'Hécla, dont l'altitude est de 1,635 mèt. seulement. Il en laisse la cime à une distance qui n'est pas exactement la même sur les trois cartes. Cette distance est de 6′45″ du méridien sur celle de 1823, de 6′ sur celle de 1836 et de 5′30″ seulement sur la carte islandaise de 1844, car la cime a été reportée graduellement de plus en plus vers l'ouest. En admettant, ce qui est fort probable, que la carte topographique islandaise, levée par des procédés géodésiques, soit celle où les points de l'intérieur sont placés de la manière la plus correcte, on peut conclure que notre cercle passe à environ cinq minutes et demie ou 10 kilomètres au S.-O. de l'axe de l'Hécla.

Nous avons vu ci-dessus, page 167, que le *dodécaédrique rhomboïdal*, axe volcanique de la Méditerranée, passe à 8 kilomètres de l'axe du Pic de Ténériffe. La différence est peu considérable, mais peut-être n'y a-t-il pas lieu de prendre cette distance en considération. En effet, le point où notre cercle est le plus voisin de la cime de l'Hécla tombe au milieu des crevasses, des cônes adventifs et des coulées de lave qui entourent la base méridionale de la montagne, où ils forment un champ d'éruption dont il existe d'autres exemples en Islande et qui correspond peut-être au centre principal de l'acti-

vité volcanique dans cette partie de l'île, opinion qui a déjà été exprimée par quelques observateurs.

On pourrait être d'autant plus porté à l'adopter que ce point de notre cercle est précisément celui où il est coupé par deux autres cercles du réseau pentagonal figurés dans l'important travail de M. de Chancourtois[1], dont l'un passe exactement par la cime de l'Hécla et dont l'autre s'adapte aussi d'une manière très-nette à la topographie volcanique. Il pourrait sembler que ce point de croisement serait à peu près pour l'Islande ce qu'est pour la Sicile le point T de l'Etna.

Je ne puis développer ici ces remarques, mais je crois qu'il suffira de les avoir indiquées pour faire comprendre que notre cercle est assez intimement lié à la structure de l'appareil volcanique auquel l'Hécla donne son nom pour mériter d'être appelé le *trapézoédrique* TT*bbc de l'Hécla.*

Appuyé sur le foyer volcanique de l'Hécla, sur le port de Sofala, sur le Roc de Belledone et sur les autres points cités en France, le *trapézoédrique* TT*bbc* se trouve jalonné avec beaucoup de précision. Il est du nombre des cercles qui ne pourraient subir qu'un très-léger déplacement sans perdre toutes leurs prérogatives et sans rentrer dans la multitude des cercles indifférents.

Le système des failles observées dans le département de la Haute-Marne avec l'orientation approximative N. 31°15′ O. est évidemment un système assez moderne; mais son âge relatif n'a pas encore été rigoureusement déterminé.

[1] *Carte de l'Islande*, avec l'indication des principaux traits de la constitution *géologique* et un essai d'application du réseau pentagonal, par MM. C. Ferri Pisani et E. B. de Chancourtois, dans le *Voyage dans les mers du Nord* à bord de la corvette *la Reine-Hortense*, commandée par M. le baron de la Roncière le Noury et dirigée par S. A. I. le prince Napoléon. (Notices scientifiques. Géologie de l'Islande.)

Trapézoédrique TI *du cap Bon* (Hermæum Promontorium)
(système du mont Viso).

Le grand cercle placé au sixième rang dans le tableau des 183 intersections est le trapézoédrique TI, qui représente le système du mont Viso. Ce cercle est assujetti à passer par le point T qui tombe à la pointe méridionale de l'île Victoria, dans l'Amérique boréale, et par le point I situé dans le Soudan, près du lac Tsad. Ses pôles sont placés aux intersections du *dodécaédrique rhomboïdal* auquel le point T appartient comme pôle, et de l'*octaédrique* qui a pour l'un de ses pôles le point I, c'est-à-dire au point *c* qui tombe dans la Bolivie, au N.-O. de Santa-Cruz-de-la-Sierra, et au point *c* qui tombe dans la mer de la Chine, entre la Cochinchine et l'île de Luçon.

Le *trapézoédrique* TI entre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté septentrional. Au sortir de la mer du Nord, il aborde la côte de Belgique à l'est de Neuport et chemine au milieu de collines tertiaires parmi lesquelles il atteint, à Roosebeke, par son angle septentrional, un plateau de terrain tertiaire inférieur, continuation de ceux du mont Cassel et du Katzenberg, sur lequel il rencontre le *primitif* du Land's End.

Il franchit la Lys un peu au-dessous de Menin, suit une assez longue section de la frontière de France, traverse la Scarpe à Saint-Amand et l'Escaut près de Valenciennes, un peu en avant des glacis des fortifications, en passant au village de Vicoigne et à un kilomètre et demi à l'O.-S.-O. de celui d'Anzin. Il traverse la bande souterraine de terrain houiller où sont exploitées les mines de Vicoigne et d'Anzin, dans la courbure qui la porte à l'O.-N.-O. vers Lens. L'un des principaux *crochons* horizontaux figurés sur la carte spéciale de M. d'Ormoy se trouve à 3 kilomètres à l'ouest de Saint-Amand.

Notre cercle passe ensuite à un kilomètre et demi à l'O.-S.-O.

des remparts de Landrecies, en laissant à 8 kilomètres environ dans la même direction la pointe extrême du terrain carbonifère de la Belgique mis à nu dans la vallée de la Sambre. Il y a eu là peut-être, à une époque ancienne, un cap, en partie recouvert aujourd'hui, qui aura pu jouer un rôle important dans la géographie des périodes crétacées et tertiaires.

Poursuivant son cours sur les craies de la Champagne, notre cercle passe aux environs de Vervins, où il coupe le *trapézoédrique* TD*b*, représentant du système du Finistère; il coupe l'Aisne près d'Asfeld et de son intersection avec le *bissecteur* DH de Belle-Île, rase, à Mourmelon-le-Grand, le camp de Châlons, passe à Notre-Dame-de-l'Épine et, côtoyant la vallée de la Marne, sort de la craie proprement dite par les coteaux qui dominent vers le nord Vitry-le-François.

Il traverse un peu au-dessus de cette ville la pointe de l'échancrure remarquable où les eaux de l'Ornain et de la Blaise se réunissent à celles de la Marne pour s'engager avec elles entre les coteaux de craie, comme celles de l'Yonne et du Serain le font à Saint-Florentin. Il coupe la Marne à Larzicourt, près de son confluent avec la Blaise et juste au point où les alluvions des deux rivières commencent à se confondre.

Remontant la vallée de la Blaise, il coupe, sur des coteaux élevés de Gault qui repoussent un moment cette rivière vers l'est, le *trapézoédrique* T*abc*, représentant du système du Longmynd, et au-dessus de Blezy, où la Blaise prend sa source, il traverse la ceinture des coteaux de l'étage oolithique moyen près du sommet de la côte d'Alun, l'un de ses points culminants. De là il descend sur le plateau de l'oolithe inférieure, où il coupe, à Villiers-le-Sec, à cinq kilomètres à l'ouest de Chaumont, le *primitif* de Lisbonne.

Cheminant sur le plateau oolithique, il arrive près de Longeau, où il descend dans la dépression dont le sol est formé par le calcaire à gryphées arquées; il en tronque l'extrémité, à Piépape, de trois kilomètres seulement. Cette pointe de calcaire à gry-

phées qui s'avance au milieu des marnes du lias et des calcaires oolithiques est un autre cap méditerranéen non moins remarquable, mais sous d'autres rapports, que celui de Landrecies. C'est la pointe des terrains liassiques et triassiques qui se relèvent dans la partie orientale du département de la Haute-Marne autour des avant-corps des Vosges.

Plus loin, notre cercle s'adapte aux accidents de détail des collines calcaires qui circonscrivent vers le nord le bassin de la Bresse, et, franchissant la Saône au sommet de la courbe prononcée que forme sa vallée à Apremont, il va raser à moins d'un kilomètre de distance l'extrémité N.-E. du massif de la forêt de Serre, formé par un relèvement des roches primitives et des trois étages du trias.

Traversant ensuite une expansion de la Bresse, le *trapézoédrique* TI va aborder le Jura par Mouchard à l'O.-N.-O. de Salins, et il rencontre près d'Aiglepierre, au pied du mont Poupet, en un seul et même point, l'*hexatétraédrique* H*aa* et le *trapézoédrique* T*b*, représentant du système du Tatra. Ce point de croisement est remarquable, d'abord parce qu'il tombe au pied du mont Poupet, dont le profil domine tout le contour extérieur du Jura du côté qui regarde le N.-O., et plus encore parce que les trois cercles qui s'y croisent produisent, chacun de leur côté, une forte impression dans les parties du Jura qu'ils traversent.

Notre *trapézoédrique* coupe le Jura obliquement dans la direction des Rousses et de Nion, et rencontre au N. de Morez le *bissecteur* DH, représentant du système du mont Seny. Laissant à quatre kilomètres de distance Salins à l'E.-N.-E. et Champagnole à l'O.-S.-O. il passe approximativement aux forges de Londaine, au bourg de Sirod, aux Planches et à Foncines, où les vallées entament profondément le Jura, puis à l'extrémité d'aval du lac des Rousses, et enfin dans la profonde dépression séparant le massif de la Dole de celui de Noirmont, par laquelle la route de Suisse descend vers Saint-Cergues.

Cette ligne, qui représente plutôt une suite de déchirures qu'une

série de sommités, passe avec une grande précision à la terminaison de plusieurs des crêtes individuelles dont l'ensemble du Jura se compose, et ce qui la rend particulièrement remarquable, c'est que, parmi les nombreux systèmes de soulèvement qui se prononcent dans ce groupe de montagnes si compliqué, ceux qui se dessinent à l'E.-N.-E. ne sont pas entièrement les mêmes que ceux qui se dessinent à l'O.-S.-O. Notre cercle joue dans le Jura le rôle d'une de ces lignes de suture qu'on appelle en anatomie *un raphe*.

Traversant le lac Léman entre Copet et Hermance, le *trapézoédrique* passe entre les Salèves et les Voirons, en coupant la saillie jurassique qui sert de base à cette dernière montagne. Il entre dans les Alpes en côtoyant la vallée de l'Arve, puis celle du Grand-Borvand, et, traversant la ceinture crétacée déjà très-élevée qui entoure les hautes montagnes de l'intérieur, il descend à la Giettaz, à Flumet, à Beaufort.

Mais, dans ces dernières localités, il n'y a pas de hautes montagnes. Le terrain est formé par des assises jurassiques constituant des arêtes comparativement arrondies et peu élevées et reposant à stratification discordante sur les roches primitives, sur lesquelles coulent les torrents. Ces roches primitives, confinées ici au fond des vallées, établissent cependant la continuité entre la chaîne avancée de Belledone, du Grand-Charnier, du Bellachat, qui forme le flanc gauche de la vallée de l'Isère, et le massif du mont Blanc placé en arrière, sur un plan plus reculé vers le S.-E. La chaîne primitive de Belledone et celle du mont Blanc expirent en deux points situés l'un en face de l'autre, des deux côtés du *trapézoédrique* TI, et la vallée de Beaufort forme entre elles une sorte d'impasse qui rappelle à quelques égards la vallée d'Aran dans les Pyrénées. Seulement c'est une impasse et non une voie librement ouverte, parce que le passage est barré par le massif calcaire du col du Cormet, qui s'appuie sur le chaînon primitif de Belledone et va, sans s'interrompre quoique en s'abaissant, envelopper l'extrémité du massif du mont Blanc. De plus, les deux chaînes primitives ne che-

vauchent pas comme dans les Pyrénées, l'une par rapport à l'autre, mais se terminent en regard l'une de l'autre relativement au *trapézoédrique* TI qui passe entre elles sans les toucher.

Il partage ce privilége avec le *trapézoédrique* T*a* du système de Vercors, qu'il coupe en un point situé au fond de l'impasse, dans la partie supérieure de la vallée de Beaufort.

Notre cercle, passant l'Isère au milieu des gisements d'anthracite situés entre Aime et Bellentre, atteint bientôt la vallée de Bosel, dans laquelle descend le granite des glaciers de Pezey pour y entourer le point d'intersection du *trapézoédrique* TI avec le *diamétral* D*c*, représentant du système des Alpes occidentales.

Traversant ensuite la montagne de la Vanoise, en laissant à l'E. l'aiguille du même nom, puis les montagnes calcaires qui couronnent à l'O.-S.-O. le passage du mont Cénis, il descend en Piémont dans la vallée de la Doire, qu'il traverse entre Exiles et Chaumont.

A partir de la Doire, notre cercle chemine sur les contre-forts du versant italien des Alpes jusqu'au point de croisement déjà cité au S.-S.-O. de Coni, où il coupe simultanément le *primitif* de la Nouvelle-Zemble et *trapézoédrique* TI*a*, représentant du système du Morbihan. Dans l'intervalle, il est parallèle aux principales crêtes montagneuses, à la direction la plus habituelle de la stratification, à l'une de celles suivant lesquelles s'alignent les masses éruptives de serpentine, et aux grandes failles qui ont permis au gneiss du mont Viso de surgir à travers le terrain jurassique altéré. Il laisse à neuf ou dix kilomètres vers l'O.-S.-O. cette élégante montagne qui se dessine sous des traits si pittoresques sur l'horizon de Turin.

Dans d'autres parties des Alpes, où la stratification suit habituellement une direction différente de la sienne, on peut remarquer le parallélisme de notre cercle et de certains traits profondément marqués de la structure de la contrée. Ainsi, comme je l'ai déjà dit, il suit la vallée du Grand-Bornand et la partie de la vallée de l'Arve qui y fait suite; mais en outre il est parallèle à la vallée de l'Arve,

de Sallenches à Cluses, et même, quoique un peu moins exactement, à la direction générale du long sillon un peu sinueux qui comprend, de Bourg-Saint-Maurice à Sallenches, les vallées du Chapiu et de Montjoie; à celle d'une partie de la vallée de la Drance, de Morzine à Thonon; à celle du Rhône, depuis Martigny jusqu'au lac de Genève, direction que prolonge celle de la vallée de la Drance d'Entremont-de-Saint-Pierre à Martigny; à celles de plusieurs tronçons assez étendus de la haute vallée de l'Isère, etc.

Au delà du point de croisement situé au S.-S.-O. de Coni, notre cercle coupe la crête des Alpes Maritimes un peu à l'ouest du col de Tende, qui se trouve compris entre les deux *trapézoédriques* TI (mont Viso) et TI*a* (Morbihan), puis, rasant l'extrémité septentrionale du bassin pliocène allongé de Ventimiglia, il entre dans la Méditerranée par le fond du petit golfe compris entre Bordighera et San-Remo, après avoir coupé tout près de la côte le *trapézoédrique* TT*bbc*, représentant du système du Sancerrois.

Dans la Méditerranée, le *trapézoédrique* TI effleure la côte S.-E. de la Corse, dont il tronque de quelques kilomètres les caps les plus saillants, suivant une direction parallèle à l'une de celles que les montagnes dessinent dans l'intérieur de l'île. Il coupe l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a*, représentant du système de l'Érymanthe, et le point d'intersection tombe exactement à la porte S.-E. de la ville d'Ajaccio.

Notre cercle pénètre ensuite en Sardaigne, près du cap Monte-Fava, traverse cette île parallèlement à la vallée longitudinale qui s'étend obliquement dans sa longueur et en sort par le cap Bellavista. Plus loin, il va raser le cap Bon (*Hermæum Promontorium*), où il passe au point de croisement du *dodécaédrique rhomboïdal*, axe volcanique de la Méditerranée et du *trapézoédrique* TD*b* du système des îles de Corse et de Sardaigne. Il entre enfin un peu à l'ouest de Tripoli dans le continent africain, où il passe au point I voisin du lac Tsad et dont il sort par la côte S.-E. de la Cafrerie, un peu au nord du port de Natal.

Dans la direction opposée, le même cercle côtoie dans toute sa longueur l'île de la Grande-Bretagne, en rasant la côte du Norfolk et en coupant les extrémités des montagnes de l'Écosse dans les granites d'Aberdeen et dans les *Paps of Jura*. Il rase à l'O. la base sous-marine des îles Fœroë, et traverse, du Reydar-Fiord à l'Axar-Fiord, les plateaux trappéens élevés et profondément dentelés qui forment la côte N.-E. de l'Islande. Il en détache une lisière sur laquelle s'élèvent le Smjörfjal et d'autres montagnes considérables, et d'où se projette vers le N.-E. la longue pointe montueuse du cap Longanes[1].

Gagnant ensuite, à travers le Groënland, le fond de la baie de Baffin, il atteint le point T de l'île Victoria où il est assujetti à passer, et il sort de l'Amérique boréale par l'île de la Reine Charlotte.

Je n'essayerai pas de décrire avec plus de détail son cours dans les contrées lointaines et peu connues où on peut le suivre dans le tracé de M. Laugel, et je me borne à insister sur la précision avec laquelle il est jalonné depuis la côte de la Belgique jusqu'au cap Bon de la Régence de Tunis.

Il coïncide à très-peu de chose près avec le *grand cercle de comparaison provisoire* du système du mont Viso. Ce dernier, orienté au mont Viso vers le N. 22° 30′[2], va couper en Afrique le cap Bon. Le *trapézoédrique* TI rase la pointe du cap Bon et passe dans les Alpes Piémontaises à 9 ou 10 kilomètres à l'E.-N.-E. du mont Viso; la différence de position est insignifiante. Quant à l'orientation, le *trapézoédrique* TI coupe le *dodécaédrique rhomboïdal* de l'Etna (axe volcanique de la Méditerranée) sous un angle de 82° 55′ 1″ 12[3]. Pour avoir l'angle qu'il fait avec le grand cercle employé provisoirement pour représenter le système des Alpes principales, il faut, par les motifs indiqués dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, diminuer cet angle de 7′ 59″ et le réduire à 82° 47′ 2″ 12.

[1] Carte de M. de Chancourtois. — [2] *Notice*, p. 427. — [3] *Notice*, p. 1094.

Or, d'après le tableau de la page 854 de la *Notice*, l'angle mont Viso-Alpes principales est de 82° 52′ 34″. La différence est de 5′ 31″ 88, c'est-à-dire complétement négligeable.

Le réseau pentagonal fournit donc, avec la plus remarquable précision, dans le *trapézoédrique* TI, le représentant cherché du système du mont Viso.

Quant au *système du mont Viso*, considéré en lui-même, je n'ai rien à ajouter ici à ce qui en a été dit dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 419 et ailleurs (voir la table de l'ouvrage), et dans la première partie de ce Rapport, p. 7 et 9.

Trapézoédrique T*b* (*système de la Vendée*).

Le cercle inscrit au septième rang dans le tableau des 183 intersections est le *trapézoédrique* T*b*, représentant du système de la Vendée.

Ce grand cercle passe au point T du Pentagone européen qui tombe sur la plate-forme sous-marine des îles Hébrides, près de l'îlot trappéen de Saint-Kilda, et par le point *b* qui tombe dans l'océan Pacifique au nord des îles Sandwich. Il a pour pôles les intersections du *dodécaédrique rhomboïdal* et du *bissecteur* DH, auxquels ces points T et *b* appartiennent comme pôles. Ces intersections, figurées dans le tracé de M. Laugel, se trouvent, l'une dans les Andes de la Bolivie, l'autre dans le Cambodge.

Le *trapézoédrique* T*b* entre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté septentrional. Traversant les terrains jurassiques, crétacés et tertiaires des comtés méridionaux de l'Angletere, il coupe près du havre de Poole le *primitif* du Land's End et entre dans la Manche en rasant à 2 kilomètres de distance les falaises escarpées de Handfast-Point, extrémité orientale de l'île de Purbeck, formées de couches crayeuses redressées presque verticalement.

Au delà de la Manche, il coupe en un même point, à 13 kilo-

mètres au N.-N.-O. de Barfleur, le *trapézoédrique* T*la* du système du Morbihan et le *diamétral* D*ac* du système des Pays-Bas, et il rase à 3 kilomètres de distance la côte granitique de Barfleur et les îles Saint-Marcouf.

Il serait difficile de tracer à travers la Manche une ligne plus intimement en rapport avec deux des principaux accidents de ses côtes, car les falaises de Handfast-Point et de Barfleur sont exposées à toute la fureur des vagues qui en sapent les bases et les font reculer par degrés, et si des 2 ou 3 kilomètres qui les séparent aujourd'hui de notre cercle on retranchait les quantités dont elles ont reculé depuis que la surface du globe a pris son assiette actuelle, il resterait probablement fort peu chose.

Le *trapézoédrique* T*b* entre dans le département du Calvados par le port de Grand-Camp, à l'extrémité des roches qui limitent l'embouchure de la Vire et au pied des coteaux de Saint-Pierre-du-Mont. Il passe ensuite au milieu des mines de houille de Littry. Il coupe près de Montchauvet la bande de terrain silurien qui traverse le département du Calvados de Falaise à Coutances, et son intersection avec le *trapézoédrique* TD*b* du système du Finistère tombe sur la crête silurienne qui domine Mauchamps.

Plus loin, il touche deux petites protubérances granitiques qui s'élèvent au milieu des schistes antésiluriens, et il en effleure une plus large qui s'étend à l'ouest vers Tinchebray.

Notre cercle traverse ensuite la bande silurienne qui s'étend d'Alençon à Mortain, et il s'adapte avec une précision toute particulière aux accidents qu'elle présente un peu à l'est de Domfront. Deux protubérances granitiques s'y élèvent, orientées l'une et l'autre de l'E.-S.-E. à l'O.-S.-O. mais sans être dans la prolongation l'une de l'autre, la plus orientale se trouvant reculée vers le sud. Elles laissent entre elles un jour tout juste assez large pour que le *trapézoédrique* T*b* puisse y passer avec sa direction oblique. Il effleure près de Montsecret la première masse granitique, et il rase la seconde près de Juvigny.

Il traverse dans l'intervalle des crêtes siluriennes assez élevées (280 mètres) et orientées, comme c'est l'ordinaire dans la contrée, vers l'O.-N.-O.; cependant ces crêtes laissent voir aussi l'influence de notre cercle, car on en remarque deux à 4 kilomètres dans le N.-E. qui s'écartent des autres pour se conformer à sa direction. Tout cela était gravé sur la carte géologique générale de la France quinze ans avant qu'on eût même songé au réseau pentagonal.

Plus loin, notre cercle effleure l'angle N.-E. du massif granitique de Lassay, et, après avoir coupé perpendiculairement près du Ribay le *bissecteur* DH de Belle-Île, il traverse le massif granitique de Trans. Il y est suivi presque parallèlement jusqu'à Bays, à 3 kilomètres dans le S.-E., par une longue pointe de gneiss, dont l'invasion dans le granite paraîtrait un fait singulier si notre cercle n'en fournissait immédiatement l'explication.

Le *trapézoédrique* T*b* passe ensuite vers l'extrémité S.-O. des petites montagnes des Coevrons, où il coupe la masse de porphyre de Rouessé, et il sort bientôt après des terrains schisteux en suivant l'axe d'un cap que forment ces terrains au milieu des dépôts jurassiques, et qui se termine au bourg de Loué, où notre cercle passe la Veyre.

Dans l'extrémité S.-O. du grand bassin secondaire et tertiaire du nord de la France, notre cercle passe la Loire entre Langeais et Bourgueil, un peu au-dessous du confluent de l'Indre, rase à 4 kilomètres de distance le relèvement jurassique de Richelieu, touche celui qui se trouve à la porte occidentale de Châtellerault, passe la Vienne au-dessus de cette ville, précisément au confluent du Clain, et, après avoir longtemps côtoyé la Vienne et rasé le massif isolé de gneiss de Moulisme, au S.-O. de Montmorillon, il passe du lias sur le gneiss du massif central de la France, un peu à l'est de l'île Jourdain.

Traversant l'extrémité S.-O. du grand massif central, notre cercle passe à la montagne granitique proéminente (492 mètres) de Peyrelade, l'un des signaux de la chaîne de triangles qui relie

la tour de Cordouan à Fiume, et coupe à sa base méridionale le *primitif* de Lisbonne. Rasant ensuite ou effleurant légèrement les contours du lambeau jurassique de Saint-Victorien et des protubérances de granites porphyroïdes de Cognac, de Flavignac et de Nexon, il coupe entre ces deux dernières le *trapézoédrique* T*c*, représentant du système du Hundsrück. Il sort enfin des granites du Limousin par les environs de Saint-Yrieix, en passant, près de Juillac, au milieu des petits lambeaux de terrain houiller qui font suite à celui de Brives, et en rasant une protubérance de serpentine accompagnée de gîtes plombifères et argentifères.

Dans le bassin de grès bigarré de Brives, il passe la Corrèze presque exactement à son confluent avec la Vézère, et, s'étendant sur les terrains jurassiques de la Dordogne et du Lot, il va couper près de Saint-Cels, au nord de Cajarc, en un même point qui a déjà été mentionné, l'*hexatétraédrique* H*baab* de Nontron et le *trapézoédrique* T*abc* du système du Longmynd. Il va passer ensuite à Saint-Amans, au confluent de l'Aveyron et de la Viaur, localité accidentée et remarquable comme étant la terminaison méridionale des granites métallifères des environs de Villefranche et de Najac, qui se perdent immédiatement après sous le grès bigarré et les terrains tertiaires.

Cheminant d'abord sur ces terrains, notre cercle passe le Tarn un peu au-dessous d'Albi, rencontre, à l'ouest de Réalmont, la petite protubérance granitique isolée qui se montre dans le lit de la rivière d'Adou, et, passant à Castres, il va couper sur la crête des montagnes granitiques de Saint-Félix l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a*.

Il passe ensuite l'Aude à Tresbes, et, après avoir coupé sur l'un des points culminants des Corbières, au S.-O. de la Grasse, le *bissecteur* DH du système du mont Seny, il descend vers le bassin des Pyrénées-Orientales. Il rase d'abord dans la vallée de l'Agly le pied de la montagne schisteuse sur laquelle est bâtie la Tour de France, traverse la crête abaissée qui rattache aux Pyrénées le mont Forceval, formé de granite, qui s'élève au midi d'Estagel,

et, passant à Millas, il côtoie au S.-O. de Thuir le bord de la zone schisteuse qui, avec une direction anomale pour la contrée, mais exactement parallèle à celle que nous poursuivons, forme de ce côté la limite des montagnes et le bord du bassin de Perpignan. Traversant ensuite, à 3 kilomètres à l'ouest de Bellegarde, la crête granitique qui forme la frontière, il se retrouve à Castillo, sur le versant espagnol des Pyrénées, dans le bord oriental d'un lambeau de roches schisteuses. Il n'en sort qu'en rencontrant le terrain crétacé dans le flanc droit de la vallée du Llobregat, après avoir suivi, depuis la Tour de France, la limite orientale de la zone schisteuse sur une longueur de 50 kilomètres, ce qui constitue une adaptation des plus précises.

Le *trapézoédrique* T*b* pénètre ensuite dans la Catalogne en passant à 4 kilomètres à l'O.-S.-O. de Figuières, et il entre dans la Méditerranée par le golfe de Palamos. Il coupe l'île de Minorque et traverse tout le continent de l'Afrique parallèlement à plusieurs longues sections, presque rectilignes dans leur ensemble, des côtes qui s'étendent du golfe de Guinée au cap de Bonne-Espérance.

Du côté opposé, le même cercle traverse les Îles Britanniques parallèlement, à peu près, à l'axe longitudinal de la Grande-Bretagne, de Handfast-Point, dans l'île de Purbeck, à l'île de North-Uist, dans les Hébrides, et sir Roderick Murchison a constaté que sa direction est parallèle à celle des feuillets du gneiss ancien qui constitue la base de tous les terrains de l'Écosse.

Il traverse l'Islande par le milieu du Vatna ou Klofa Jökul, qui s'étend du Snaefell au Skaptar Jökul, d'où sortit en 1783 la célèbre et funeste éruption qui ravagea les vallées du Hverfisfliot et du Skaptaa. Pénétrant jusqu'au au centre de l'île, il en sort par une des pointes de la côte septentrionale, en passant entre l'Eyjafiord et l'Unadals Jökul, dont il rase presque le pied[1].

Traversant ensuite les régions arctiques, il passe au point D de

[1] Voir les cartes déjà citées et particulièrement celle de M. de Chancourtois.

l'Amérique russe et se dirige vers les îles Sandwich, où il coupe l'île de Woahoo, en laissant à 17 kilomètres dans l'O.-N.-O. le port d'Honolulu, capitale de l'île elle-même et de tout l'archipel.

Il est évident, d'après ces remarques rapides, qu'une monographie complète de ce cercle ne serait pas sans intérêt, mais ce qui précède me paraît suffire pour montrer qu'il est parfaitement installé sur les accidents de l'écorce terrestre. Les repères que j'ai cités d'après la carte de France, Handfast-Point, le Ras de Barfleur, les pointes granitiques de Mont-Secret et de Juvigny, la montagne de Peyrelade, le confluent de Saint-Amans, le granite de Réalmont, la zone schisteuse des Pyrénées orientales et plusieurs autres, en fixent nettement la position et le placent encore parmi les cercles qu'on ne pourrait déplacer, même d'une très-petite quantité, sans leur faire perdre les prérogatives dont la nature les a doués.

Il répond très-bien aussi aux conditions que doit remplir le représentant du système de la Vendée.

Il coupe le *dodécaédrique rhomboïdal* de l'Etna sous un angle de 38° 11′ 25″ 65 ouvert au N.-O. D'après le tableau page 846 de la *Notice*, l'angle Vendée-Alpes principales, qui est lui-même tourné au N.-O., est de 88° 54′ 35″; mais, comme le grand cercle de comparaison provisoire qui a été employé dans le calcul des angles pour le système des Alpes principales s'écarte du *dodécaédrique rhomboïdal* de l'Etna de 7′ 59″ vers le nord de l'ouest, l'angle déduit de l'observation doit être augmenté d'environ 7′ 59″ pour s'appliquer au *dodécaédrique rhomboïdal*, ce qui le ramène à 89° 2′ 34″. Il surpasse, par conséquent, l'angle théorique de 0° 51′ 8″ 35. M. Rivière, qui a fixé la direction du système de la Vendée, s'étant borné à indiquer en termes généraux l'orientation N.-N.-O., il est évident que cette différence de 51′ ne sort pas des limites d'incertitude que comporte cette désignation générale[1].

[1] *Notice*, p. 1087-1089.

La position du *trapézoédrique* T*b* est très-admissible aussi. Le *grand cercle de comparaison provisoire* adopté d'abord pour le système de la Vendée passait, à la vérité, à Vannes, mais, depuis surtout que M. Durocher a constaté l'existence du système de la Vendée en Norwége, cette position initiale arbitraire du grand cercle de comparaison a paru à l'auteur de la *Notice sur les systèmes de montagnes* suspecte d'être trop reculée vers l'ouest[1] : il a pensé que le représentant du système de la Vendée dans le réseau pentagonal pourrait bien passer dans les parages du cap Creus, terminaison orientale des masses de roches primitives des Pyrénées. Il l'a cherché d'abord parmi les cercles du réseau qui se croisent au point *a*, près de Minorque; mais il n'y a pas rencontré d'*auxiliaire* qui répondît d'une manière satisfaisante aux conditions de la question. Il a alors cherché parmi les *trapézoédriques* qui passent au point T près des îles Hébrides, et il a trouvé ainsi le *trapézoédrique* T*b*, dont nous venons de constater la convenance comme représentant du système de la Vendée.

Quant au système de la Vendée considéré en lui-même, je n'ai rien à ajouter à ce qui en a été dit dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, page 93 et autres (voir la table de l'ouvrage). Le système de la Vendée est jusqu'à présent le plus ancien de ceux auxquels on a essayé d'assigner un âge relatif, mais nous lui avons trouvé des repères précis dans des terrains très-divers, tous plus récents que l'origine première du système, même dans des terrains assez modernes et accidentés nécessairement plus ou moins longtemps encore après leur dépôt, tels que Handfast-Point, le confluent de la Corrèze et de la Vézère, etc. Cela confirme de nouveau ce qui a déjà été dit à plusieurs reprises dans ce Rapport, que des accidents récents se sont très-fréquemment surajoutés à des systèmes stratigraphiques d'une origine très-ancienne.

[1] *Notice*, p. 1087.

Primitif de l'Etna (système du Ténare).

Le système qui, d'après son orientation, fait suite à celui de la Vendée, dans l'ordre tournant que nous suivons, est le système du Ténare. Mais le *primitif* de l'Etna, représentant de ce système, ne traversant ni les parages de la Corse ni le cadre de la carte géologique de la France, n'a rien fourni au tableau des 183 intersections. Il n'a donc pas dû y être inscrit, et je n'ai rien à ajouter ici à ce que j'ai dit précédemment (p. 137) au sujet du *primitif* de l'Etna, ni à ce qui a été dit, dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, relativement au système du Ténare.

L'orientation du système du Ténare diffère très-peu, dans toute la France, de celle du système de la Vendée. Les grands cercles qui les représentent sont l'un et l'autre perpendiculaires au *bissecteur* DH de Belle-Île, qui passe un peu au nord de Paris, et, pour les points situés sur ce cercle, les deux orientations sont rigoureusement parallèles. Pour les localités situées au nord de ce *bissecteur*, les deux cercles convergent vers le point *b* situé au nord des îles Sandwich, et, par conséquent, le *trapézoédrique* T*b* s'éloigne un peu moins du méridien que le *primitif* de l'Etna; mais, pour Paris et pour toute la partie de la France qui est au sud du *bissecteur*, les deux cercles convergent vers le point *b*, antipode du premier, qui tombe dans le midi de l'Afrique, et le *trapézoédrique* T*b* s'éloigne un peu plus du méridien que le *primitif* de l'Etna. Comme c'est là le cas qui se présente dans la presque totalité de la France, on a dû considérer le premier cercle comme venant avant le second dans l'ordre des orientations, mais il est certain que, dans toute la France, les deux orientations sont très-peu différentes, et ne pourraient être distinguées pratiquement dans l'observation de la direction des couches.

Les *grands cercles de comparaison* des deux systèmes n'en sont pas moins parfaitement distincts. Ils sont éloignés sur le *bissecteur*

de Belle-Île de 7° 53′ 59″,03, expression de l'angle sous lequel ils se coupent au point *b* situé au nord des îles Sandwich. Comme ils sont parfaitement jalonnés l'un et l'autre, on ne peut ni abandonner l'un d'eux, ni les remplacer par un cercle occupant une position moyenne entre les deux. Ils jouent dans la géologie comme dans l'orographie des rôles complétement indépendants.

Quant au *système du Ténare* considéré en lui-même, je n'ai rien à ajouter à ce qui en a été dit pages 586, 761, 1110 et autres de la *Notice sur les systèmes de montagnes* (voir la table de l'ouvrage). Je dois cependant rappeler les aperçus présentés pages 27, 189, 192 et autres du présent Rapport, au sujet de sa contemporanéité avec les deux autres grands systèmes volcaniques.

Diamétral Dac *(système du Forez).*

Le cercle placé au huitième rang dans le tableau des 183 intersections est le *diamétral* D*ac*, adopté comme représentant du système du Forez.

Ce grand cercle passe au point D de l'Amérique russe et au point *a* situé dans la Méditerranée, près de Minorque. Il a pour pôles les intersections des deux cercles auxquels ces points appartiennent comme pôles, c'est-à-dire du *dodécaédrique régulier* du Sénégal et de la Nouvelle-Guinée et d'un *bissecteur* IH. Les deux intersections tombent l'une dans le Pérou, au N.-E. de Jauja, et l'autre dans le Cambodge, à l'O.-N.-O. de Saïgon.

Le *diamétral* D*ac* entre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté septentrional. Il coupe, en Angleterre, la partie orientale du comté de Kent, et, traversant les falaises crayeuses qui bordent le Pas-de-Calais, il y pénètre entre le port de Douvres et le cap South-Foreland. Il coupe le *primitif* du Land's End à la hauteur du cap Gris-Nez, qui marque l'entrée du détroit, laisse le cap à 7 kilomètres dans l'E.-N.-E., et, côtoyant un peu obliquement la côte de France, aborde la terre par le fort du mont

Couple, entre Boulogne et le cap Alprech. Il passe au bas de la plage de Boulogne, à peu près au point que doivent atteindre prochainement les jetées prolongées.

S'engageant bientôt après dans les plaines de la Picardie formées de terrains crétacés et tertiaires, il y coupe, à l'est de Nouvion, le *diamétral* D*ac* du système des Pays-Bas, et à Oroer, au N.-E. de Beauvais, le *trapézoédrique* TD*b* du système du Finistère. Traversant ensuite l'extrémité S.-E. de la protubérance allongée du pays de Bray, il passe l'Oise à Bruyères, au-dessus de Beaumont-sur-Oise, et va couper, au sud de Belloy, le *bissecteur* DH de Belle-Île.

Notre cercle s'approche de Paris et coupe la partie orientale du département de la Seine par Villiers-le-Bel, Noisy-le-Sec et Boissy-Saint-Léger, en passant à l'extrémité N.-E. du bois de Vincennes, au-dessous du fort de Nogent-sur-Marne. Il laisse les tours de Notre-Dame à moins de 8 kilomètres dans l'O.-S.-O. C'est une distance peu considérable en elle-même, et que dans les contrées lointaines nous avons souvent traitée comme presque négligeable; mais la précision des adaptations que nous avons rencontrées en France, presque à chaque pas, nous a fait resserrer insensiblement les limites de la tolérance, et nous nous bornerons à dire que le *diamétral* D*ac* passe à une faible distance de Paris.

Poursuivant son cours par Lieusaint sur le plateau de la Brie, il en sort par la pointe du cap proéminent autour duquel tourne la Seine au-dessous de Melun, et, passant, sur la rive opposée du fleuve, au château de *Vives-Eaux*, il va traverser la forêt de Fontainebleau. Il laisse à un kilomètre et demi seulement vers l'E. le point d'émergence de *la Fontaine-Belle-Eau*, devenue, dès les temps mérovingiens, le rendez-vous de chasse des souverains de la France, origine première du palais séculaire et de la ville de Fontainebleau.

Après avoir traversé le reste des plaines formées de terrains tertiaires et crétacés, notre cercle, avant d'arriver à Donzy, entre sur le terrain jurassique, où il coupe, près de Beaumont-la-Ferrière, dans

la vallée de la Nièvre, en un même point déjà cité, le *primitif* de Lisbonne et le *trapézoédrique* T*la* du système du Morbihan. Plus loin, rasant, près des forges de Dray, la pointe la plus avancée vers l'O. de la ceinture des marnes irisées qui entoure le terrain houiller de la Machine, il passe la Loire au coude prononcé qu'elle forme à quelques kilomètres au-dessous de Decize.

C'est là que commencent à se manifester les rapports de notre cercle avec les accidents stratigraphiques compliqués de ces parties centrales de la France.

Au delà de la Loire, au milieu des forges, entre Neuville et Châtenay, le *diamétral* D*ac* rencontre dans la plaine tertiaire une légère protubérance de lias présentant deux noyaux granitiques. L'un de ces noyaux est allongé à peu près du N.-N.-O. au S.-S.-E., l'autre de l'E. à l'O. Notre cercle traverse le premier, qui est situé à l'E. de l'autre, dans le sens de sa longueur, et, à son extrémité méridionale, il coupe aux Bruyères, près de Saint-Parèse-en-Viry, en un seul et même point, trois autres cercles du réseau, le *trapézoédrique* T*abc*, représentant du système du Longmynd, le *trapézoédrique* T*c*, représentant du système du Hundsrück, et le *trapézoédrique* T*b*, représentant du système du Tatra. Ce croisement quadruple, en tombant avec une aussi grande précision sur l'étroit piédestal que la nature lui avait préparé, présente un nouvel et frappant exemple de l'accord qui, sous la forme de *hasards heureux*, se manifeste si souvent entre le réseau pentagonal et l'ordonnance des accidents de l'écorce terrestre. Ici l'accord profite à quatre cercles à la fois, au nombre desquels se trouve celui que nous poursuivons.

Ce dernier continue son cours sur la plaine tertiaire jusqu'au fond du golfe qu'elle forme près de Lesepant, dans le bord des montagnes du Forez; mais, depuis le bourg de Jaligny, près duquel il coupe le *diamétral* D*ac*, représentant du système de la Côte-d'Or, notre cercle côtoie, à 1 ou 2 kilomètres de distance, une petite rivière, la Besbre, qui passe à la Palisse. Cette rivière coule précisément au bord de la pointe montueuse qui prolonge les montagnes

du Forez jusqu'à Moncombroux et Vaumas, c'est-à-dire jusqu'au cercle de la Côte-d'Or.

Au-dessus de la Palisse et de Lesepant, le *diamétral* D*ac* côtoie encore, jusqu'à sa source près de Saint-Priest, le cours de la Besbre, qui, rectiligne dans son ensemble, malgré une foule de petits méandres, représente très-exactement la direction générale du système du Forez. De Saint-Priest à Noirétable notre cercle trouve cette direction exprimée plus nettement encore par la ligne séparative du porphyre quartzifère et du granite porphyroïde à gros grains, ligne à laquelle il se superpose rigoureusement.

Laissant à l'O., à 3 ou 4 kilomètres de distance, les deux cimes les plus élevées des montagnes du Forez, le Puy de Montoncelle (1,286 mètres) et la montagne de Pierre-sur-Autre (1,632 mètres), notre cercle continue son cours au milieu des crêtes culminantes de la contrée jusqu'à la vallée de la Loire, qu'il traverse dans l'une de ses courbes les plus prononcées et les plus profondément encaissées, près du village de Retournas.

Plus loin, dans le département de la Haute-Loire, il effleure l'extrémité N.-E. du bassin tertiaire du Puy, et, cheminant au milieu des trachytes, des phonolithes, des basaltes, il côtoie, à une très-petite distance, le pied occidental de l'arête qui forme la ligne de partage des eaux entre la Loire et le Rhône, arête sur laquelle s'élèvent, entre autres, la montagne trachytique du Mézenc, haute de 1,774 mètres, et le dôme de phonolithe du Gerbier-des-Joncs, où la Loire prend sa source, et qui a lui-même 1,562 mètres.

Laissant à un kilomètre à l'E.-N.-E. le village de Sainte-Eulalie, bien connu des explorateurs de ce canton classique pour l'étude des roches volcaniques, notre cercle coupe, au pied oriental de la montagne granitique de la *Baricaude*, au S.-S.-O. de Sagnes, le *bissecteur* DH, représentant du système du mont Seny, qui lui-même s'adapte avec beaucoup de bonheur à l'orographie de la contrée.

Le *diamétral* D*ac* pénètre ensuite dans les vallées pittoresques du département de l'Ardèche. Laissant à 2 kilomètres à l'E.-S.-E. les

petites villes de Thueys et de Montpezat, il coupe les colonnades basaltiques si souvent dessinées de Montpezat et du Pont-de-la-Beaume, et il sort de la région volcanique par la coupe de Jaujac, l'un des plus élégants cratères éteints de la France centrale et le plus avancé de tous vers le S.-S.-E.; puis il traverse le bourg même de Jaujac, bâti sur la surface d'un petit bassin houiller.

Il passe, au sortir des granites, à la ville de Largentière, et bientôt après il coupe l'Ardèche au port d'Ardèche, au-dessous de Ruons, à l'entrée des défilés sinueux et profondément encaissés où un double confluent lui amène les eaux de la rivière de la Beaume et de la rivière de Chassezac; partie la plus fortement caractérisée de tout le cours de l'Ardèche, qui est cependant si accidenté.

Dans le département du Gard, notre cercle s'adapte aussi aux courbures et au confluent de la Cèze, de l'Aiguillon, de la Dovègue, du Gardon, et il laisse le pont du Gard à 2 kilomètres à l'E.-N.-E. Dans les plaines caillouteuses que les courants diluviens ont laissées près des bords du Rhône, il rase à l'O., avec une remarquable précision, la proéminence crétacée couronnée de tertres tertiaires sur le flanc oriental de laquelle s'appuie Beaucaire, en face de Tarascon.

Plus loin, passant au point de diramation des deux bras du Rhône qui entourent la Camargue, il suit le grand Rhône jusqu'à Arles, où il le traverse obliquement, en coupant le pont d'Arles, et en rasant le pied de la proéminence du terrain crétacé inférieur sur laquelle s'appuient cette ville antique et son amphithéâtre romain.

Passant une dernière fois le Rhône, notre cercle entre dans la Camargue, où il coupe l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a*, et il sort du continent par la saillie extrême du Delta, pour aller dans la Méditerranée couper en deux points voisins, mais distincts, le *trapézoédrique* TT*bbc* du système du Sancerrois et le *diamétral* D*c* du système des Alpes occidentales. Les intersections des trois cercles, calculées correctement, forment un petit triangle, de quelques kilomètres seulement de côté, dont je signale l'existence, parce qu'il ne s'en est pas trouvé d'autre exemple dans le réseau qui couvre la carte de France. Partout ailleurs,

lorsque les intersections se sont fortement rapprochées, elles se sont confondues en un seul et même point; et l'on voit par là que les intersections avaient besoin d'être calculées avec soin, sans quoi on aurait pu prendre le petit triangle actuel pour un point.

Au delà de la Méditerranée, le *diamétral* D*ac* pénètre en Algérie en coupant les roches anciennes du Djebel-Guerbès, près du cap Filfela, et, comme on peut le voir sur le tracé de M. Laugel, il traverse l'Afrique dans toute sa longueur pour en sortir par la côte méridionale de la colonie du Cap.

Du côté opposé, entrant en Angleterre par les collines crayeuses de Douvres, notre cercle suit les côtes de la Grande-Bretagne, dont il coupe toutes les saillies, à l'exception de la pointe de Caethness, qu'il ne fait que raser, et il va raser plus loin encore l'archipel des îles Fœroë, en suivant à peu près la direction suivant laquelle s'allongent les principales îles qui le composent. Traversant ensuite les terres arctiques pour atteindre le point D de l'Amérique russe, où il est assujetti à passer, il prolonge son cours dans l'océan Pacifique, où il coupe l'île Oneeheow, qu'on peut considérer comme la plus occidentale de l'archipel des îles Sandwich, car plus loin vers l'ouest on ne trouve plus que des îlots. On voit que l'archipel volcanique des îles Sandwich s'est trouvé quatre fois sous la direction des cercles que nous avons étudiés : le *primitif* de l'Etna passe au Mouna-Roa, dans l'île Hawaii; un *bissecteur* IH (p. 199) passe, suivant une habitude qui lui est propre, par le canal qui sépare l'île Atooi de l'île Woahoo; le *trapézoédrique* T*b* du système de la Vendée coupe l'île Woahoo (p. 288), et enfin le *diamétral* D*ac* du système du Forez coupe Oneeheow.

Appuyé avec une grande précision sur des repères bien déterminés, ce grand cercle forme une des lignes géographiques de l'Europe, et d'après son orientation il paraît très-propre à représenter le système du Forez. Il forme, en effet, avec le *dodécaédrique rhomboïdal* de l'Etna, un angle de 88° 28′ 22″,74 tourné vers le N.-E.[1] L'angle

[1] *Notice*, p. 1083.

Forez-Alpes principales est, d'après le tableau de la page 847 de la *Notice*, de 87°39′22″; mais, comme le grand cercle de comparaison du système des Alpes principales, tel qu'il a été employé dans la construction des tableaux, s'éloigne de 7′59″ du *dodécaédrique rhomboïdal* de l'Etna, l'angle du tableau doit être diminué d'environ 7′59″ et réduit à 87°31′23″. La différence avec l'angle théorique, qui est tourné dans le même sens, est de 0°56′59″,74. Si l'on se reporte à la manière dont a été déterminée l'orientation du *système du Forez* (page 258 de la *Notice*), rapportée en nombres ronds par M. Grunen à onze heures de la boussole, on verra que cette différence ne peut être regardée comme considérable.

Trapézoédrique TD*b du cap Bon* (Hermæum Promontorium) (*système des îles de Corse et de Sardaigne*).

Le cercle placé au neuvième rang dans le tableau des 183 intersections est le *trapézoédrique* TD*b*, représentant du système des îles de Corse et de Sardaigne.

Il figure dans le tableau à cause des intersections qu'il forme, dans les parages de la Corse, avec plusieurs des cercles du réseau qui traversent cette île ou la France elle-même. Mais, toutes ces intersections tombant en dehors du cadre accessoire qui renferme la Corse, le cercle n'a pu y être tracé. Les points calculés ont servi à le construire sur les cartes de la mer Tyrrhénienne, ainsi qu'on l'a vu dans la monographie de ce cercle donnée précédemment (p. 212). Je n'ai rien à ajouter ici à cette monographie; seulement je vais examiner jusqu'à quel point notre *trapézoédrique* fournit un représentant convenable pour le système des îles de Corse et de Sardaigne.

Le *grand cercle de comparaison provisoire* adopté pour ce système est le méridien même du cap Corse[1].

[1] *Notice*, p. 472.

Ce méridien passe à une assez petite distance du point D, centre du pentagone européen, placé près de Remda, en Saxe, pour qu'il soit naturel de chercher, parmi les cercles du réseau qui passent en ce point, le représentant du système des îles de Corse et de Sardaigne.

Le *trapézoédrique* TD*b*, mené du point D à un point *b* qui tombe dans le Benin, au fond du golfe de Guinée, sur le bord septentrional du massif montueux d'Amboser, fait avec le grand cercle de comparaison du système du Ténare, vers le sud, un angle de 13° 36′ 49″,77. D'après le tableau de la page 848 de la *Notice*, l'angle Ténare-Corse et Sardaigne, qui est tourné du même côté, est de 14° 38′ 18″. La différence est de 1° 1′ 28″,23.

On a cru pouvoir faire abstraction de cette différence; l'auteur avait pris, pour *grand cercle de comparaison provisoire* du système des îles de Corse et de Sardaigne, le méridien du cap Corse, parce que le trait le plus frappant et le plus caractéristique de l'ensemble de la structure des îles de Corse et de Sardaigne est leur parallélisme avec le méridien. Mais ce caractère n'a pas en lui-même assez de précision pour qu'il soit possible de dire si elles sont parallèles plutôt au méridien du cap Corse qu'à un méridien situé à environ un degré et demi plus à l'est, lequel donnerait exactement l'angle que nous venons de trouver. On peut donc regarder le *diamétral* TD*b* comme représentant d'une manière satisfaisante la direction du système des îles de Corse et de Sardaigne.

La monographie de ce cercle donnée ci-dessus (p. 212) a montré qu'il est très-bien installé sur les accidents orographiques et géologiques de l'écorce terrestre. Tout remarquable qu'est en lui-même l'axe des îles de Corse et de Sardaigne, s'il était prolongé au nord et au sud, il serait moins heureux dans ses rencontres; car le groupe des îles de Corse et de Sardaigne se fait remarquer surtout par son isolement et son indépendance au milieu de tout ce qui l'entoure. Le *trapézoédrique* TD*b* élude cette difficulté avec une sorte d'adresse, qui, comme on l'a déjà vu plusieurs fois, est souvent l'apanage et le

caractère des cercles du *réseau pentagonal*. Je crois qu'il représente très-bien le système des îles de Corse et de Sardaigne.

Le groupe si remarquable de ces îles forme dans l'ensemble du système un chaînon parallèle au *grand cercle de comparaison*, mais placé à quelque distance de lui, phénomène très-fréquent et dont les Pyrénées offrent un exemple déjà signalé.

Quant au système des îles de Corse et de Sardaigne, considéré en lui-même, quant à sa composition, à son âge relatif, je n'ai rien à ajouter ici à ce qui en a été dit dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, pages 468, 1071 et autres (voir la table de l'ouvrage), et dans la première partie du présent Rapport (p. 9).

Octaédrique de Mulehacen.

Le cercle placé au dixième rang dans le tableau des 183 intersections est l'*octaédrique* de Mulehacen.

Ce cercle ne traverse la carte géologique de la France que dans les parties voisines du côté occidental du cadre. Il tombe en entier dans l'espace consacré à l'océan Atlantique ou dans celui où pourraient se trouver les parties de l'Espagne que la nécessité de réserver une place aux légendes a empêché de figurer. Ses points d'intersection avec les autres cercles du réseau pentagonal ont cependant été calculés et construits sur la carte. Ils ont servi à tracer le cercle lui-même et ceux qui le coupent; mais cette construction n'a conduit à aucune remarque susceptible d'être ajoutée à la monographie de l'*octaédrique de Mulehacen* donnée ci-dessus (p. 116). Je dirai seulement qu'on n'a pas encore signalé de système de montagnes auquel ce cercle puisse servir de *grand cercle de comparaison*, et que, jusqu'à nouvel ordre, il paraît n'avoir été jalonné sur la surface du globe que par l'influence de la symétrie.

Hexatétraédrique H*aa*.

Ce cercle passe au point *a* de la Norwége et au point *a* voisin de Minorque, et, par suite, au point H situé dans l'océan Atlantique austral, au sud-ouest du cap de Bonne-Espérance, et au point H situé dans l'océan Pacifique, au sud des îles Aleutiennes. Il est perpendiculaire au *primitif* du Land's End, et il a pour pôles les deux intersections de ce *primitif* avec les *bissecteurs* IH, auxquels les deux points *a* appartiennent comme pôles. Ces deux intersections, figurées dans le tracé de M. Laugel, tombent l'une au sud-ouest de Sumatra, un peu au midi de l'équateur, et l'autre un peu au nord de l'équateur, à l'est des îles Galapagos.

L'*hexatétraédrique* H*aa* pénètre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté septentrional, et il atteint presque immédiatement la Meuse, qu'il traverse entre Maaseyk et Ruremonde. Sur sa rive droite, au sortir de la Campine, il coupe la vallée de Heerlen, au point où il est coupé perpendiculairement par le *primitif* du Land's End et près de celui où disparaissent, dans les flancs de la vallée, les assises des terrains crétacés inférieurs des environs d'Aix-la-Chapelle et de Maestricht. Il passe ensuite à Galoppe, à Verviers et à Spa; un peu au nord de Spa, il coupe le *diamétral* D*ac* du système des Pays-Bas, dans une contrée enveloppée encore dans les accidents de stratification qui se rattachent à ce dernier système.

Poursuivant son cours à travers les parties culminantes de l'Ardenne, il laisse à l'est Stavelot et Viel-Salm, à 3 kilomètres, et il coupe, à 6 kilomètres à l'est de Houffalize, le *trapézoédrique* TD*b* du système du Finistère.

Bientôt après, au point de partage des eaux entre la Sûre et l'Attert, il coupe en un même point le *bissecteur* DH de Belle-Île et le *trapézoédrique* T*abc* du système du Longmynd.

Sortant alors de l'Ardenne, il parcourt les terrains jurassiques

du Luxembourg et de la Lorraine, où il coupe, près de sa pointe, le large promontoire oolithique sur lequel s'élève la place de Longwy. Sans sortir de l'oolithe inférieure, il coupe la rivière d'Ornes à moins de 1 kilomètre à l'ouest du bourg de Conflans-en-Jarnisy, ainsi nommé à cause du confluent de plusieurs cours d'eau; il coupe aussi la rivière du Ru de Math près d'un confluent du même genre, au-dessus de Thiaucourt, et il rase la ligne terminale des coteaux coralliens. Il laisse seulement à l'est les deux tertres isolés de la côte Barine et du mont Saint-Michel, qui dominent d'une manière pittoresque la ville de Toul et le cours de la Moselle, dont les eaux se replient vers Frouard, en évitant de toucher notre cercle.

Plus loin, ce même cercle coupe, au sud-est de Colombey, le *primitif* de Lisbonne. Il passe, à l'est de Neufchâteau, au confluent de la Vraine et de la Vair; puis, effleurant les coteaux de Châtenois et de Crainvilliers, il laisse Contrexéville à 5 kilomètres à l'est. Il parcourt dans sa longueur le plateau de muschelkalk où s'élèvent le mont Heuillon et d'autres collines isolées, et coupe, à Fresnes-sur-Apances, dans un confluent, la rivière qui descend de Bourbonne-les-Bains, dont il laisse les sources thermales à 6 kilomètres dans l'ouest. Il atteint enfin les coteaux jurassiques de Noroy-lès-Jussey, où il coupe en un même point, à Saint-Marcel, le *diamétral* D*ac* du système de la Côte-d'Or et le *trapézoédrique* T*c* du système du Hundsrück.

Dans cette partie de son cours, notre cercle est très-heureusement placé, car on peut dire qu'il trace à peu près la limite entre les Vosges et la Côte-d'Or.

Traversant ensuite les collines de la Haute-Saône, l'*hexatétraédrique* H*aa* va passer le Doubs un peu à l'ouest des grottes d'Oisselle, et entre dans le Jura, où il coupe, en un même point déjà cité, près d'Aiglepierre, au pied du mont Poupet, le *trapézoédrique* T*l* du système du mont Viso et le *trapézoédrique* T*b* du système du Tatra. Dans l'intervalle entre le Doubs et le mont Poupet, il est à peu près parallèle à quelques-unes des failles et des crêtes qui accidentent

le bord du Jura, et il traverse la vallée de la Loue à Port-Losney, au sommet de l'une de ses courbures les plus prononcées.

A partir du croisement d'Aiglepierre, notre cercle traverse obliquement le Jura, pour en sortir précisément par le bourg de Châtillon-de-Michaille, bâti près du confluent de la Semine et de la Valserine, après avoir coupé, à un kilomètre à l'ouest du Bouchoux, le *bissecteur* DH du système du mont Seny. Dans ce trajet, il coupe l'Ain au-dessus de Pont-du-Navois, près du point où son cours s'infléchit brusquement vers le sud, et de là à Châtillon-de-Michaille il rencontre une série de profondes anfractuosités, qui dérangent la stratification générale et qui s'adaptent fréquemment à sa direction, telles que la gorge de Lison, qui tombe dans la Bienne à 4 kilomètres à l'ouest de Saint-Claude. Il passe aussi à la crête aiguë, dirigée à peu près du nord au sud, de la montagne de Chalame, à l'ouest de Champfromier.

Notre cercle côtoie ensuite la Valserine et le Rhône, en suivant le pied de la chaîne du Colombier de Seyssel, l'une des plus considérables du Jura méridional. La chaîne et la vallée sont composées de tronçons dirigés approximativement du nord au sud, direction qui est à peu près celle de notre cercle. L'ajustage des différents tronçons donne lieu à quelques légères sinuosités, par l'effet desquelles le cercle coupe obliquement le Rhône. Il en suit la rive gauche à l'endroit où le fleuve reçoit les eaux du lac du Bourget par le canal de Savière, dont le cours est maintenu par des protubérances de roches jurassiques *moutonnées*. C'est là un nouvel exemple, et des plus remarquables, de la tendance des cercles du réseau, et de notre cercle actuel en particulier, à passer par les confluents des rivières.

Ce même cercle côtoie ensuite le Mont-du-Chat, du côté opposé au lac du Bourget, coupe le petit lac d'Aiguebellette et arrive près des Échelles, au point déjà cité, où il coupe simultanément le *trapézoédrique* T*la* du système du Morbihan et le *trapézoédrique* TT*bbc* de l'Hécla.

Au delà du point de croisement, l'*hexatétraédrique* Dac traverse les montagnes de la Grande-Chartreuse, en laissant le monastère à 1 kilomètre à l'est, et, de même que les deux autres cercles, il évite les cimes principales et passe dans leurs intervalles. Puis il coupe la vallée de l'Isère, en laissant à moins d'un kilomètre à l'est Meylan et Gières, et, au delà des coteaux subalpins, il rencontre la ville de Vizille, bâtie à l'extrémité même de la chaîne primitive de Belledone, près de l'issue des gorges profondes par lesquelles les eaux de la Romanche descendent de l'Oisans.

Du pont de la Romanche, appuyé sur un petit relèvement des roches primitives, notre cercle se dirige vers le Drac, qu'il passe à 1 kilomètre au-dessous du pont de Cognet, appuyé lui-même sur une masse éruptive de variolithe du Drac. Dans l'intervalle des deux rivières, le cercle suit le bord occidental de la haute vallée dirigée du nord au sud, dans laquelle se trouvent les petits lacs de Laffrey, de la Fayolle et de Pierre-Châtel, et que suivent plus loin les eaux d'un ruisseau qui se jette dans le Drac à Cognet. Il passe à deux petites protubérances de roches primitives, auxquelles se rattachent probablement l'origine même de cette vallée remarquable et le relèvement des couches d'anthracite exploitées aux environs, dans plusieurs communes du canton de la Mure et notamment au Peychagnard, couches sur lesquelles reposent en stratification discordante les assises du lias moyen à *gryphæa cymbium*. Il y a là, dans l'étendue de 20 kilomètres, tout un petit système stratigraphique dont un modèle en relief serait instructif pour les élèves, dans un cours, et dont notre cercle forme l'axe avec une précision surprenante.

Après avoir passé le Drac, à 1 kilomètre au-dessous du pont de Cognet, l'*hexatétraédrique* Haa traverse, dans les collines voisines de Mens, les marnes à possidonies du lias supérieur, et va effleurer, à l'est de Lus-de-la-Croix-Haute, et près de l'ancienne Chartreuse de Durbon, les magnifiques escarpements des montagnes du Dévoluy, formés par les couches coupées à pic du terrain crétacé in-

férieur et couronnées par la cime de l'Obious, qu'on aperçoit de Toulon.

Plus loin, il suit la vallée du Buech, en s'adaptant toujours à certains détails topographiques, notamment au confluent multiple situé près de Saléon. Laissant Sisteron à l'est, il coupe la crête de la montagne de Lure par l'une de ses principales sommités, sur laquelle il rencontre le *diamétral* D*c* du système des Alpes occidentales.

Passant ensuite à 2 kilomètres environ à l'O. des deux villes de Forcalquier et de Manosque, il traverse le terrain à lignites des Basses-Alpes et va couper le cours de la Durance un peu au-dessus de Cadarache, précisément à son confluent avec le Verdon, confluent d'autant plus remarquable que la Durance y change à la fois de régime et de direction.

Notre cercle entre alors en Provence, où il côtoie les limites des départements des Bouches-du-Rhône et du Var. Il passe à Rians, petite ville bâtie sur un relèvement très-peu étendu de muschelkalk, sur la surface duquel s'opère le croisement de l'*hexatétraédrique* H*aa* et de l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a*. Plus loin, il rase à l'O. le relèvement plus étendu de muschelkalk situé entre Saint-Zacharie et Rogiers, et il passe approximativement à plusieurs points topographiquement remarquables, notamment à la montagne de la Sainte-Beaume.

Après avoir passé à la Cadière et touché la ville de Bandol, il entre enfin dans la Méditerranée en traversant les baies de Bandol et de Saint-Nazaire, la rade de Brusc, et en laissant à 1 kilomètre à l'E. les derniers îlots des Embiez, formés de roches primitives qui sont l'extrémité du massif primitif du cap Sicié, sauvegarde de la rade de Toulon.

La monographie de ce cercle pour les parties extérieures à la France n'a pas encore été faite. Vers le sud, après avoir passé au point *a* situé entre Minorque et la Sardaigne, il traverse l'Algérie par Biskra et Tuggurt, pour atteindre le golfe de Guinée par des contrées peu connues.

Dans la direction opposée, traversant la Hollande et la mer du Nord, il passe, en Norwége, au point *a* situé dans le Jotun-Field, en coupant les montagnes de la côte occidentale. S'approchant ensuite du pôle, qu'il laisse à 0°26′12″,01 à l'est, il va couper la pointe de la Sibérie orientale et traverser l'archipel des îles Aleutiennes, où son cours mériterait d'être étudié.

En France, il est au nombre des cercles le plus nettement et, on peut dire, le plus étroitement jalonnés. Si on le déplaçait d'une petite quantité, de manière qu'il cessât de passer, par exemple, à Spa et au petit relèvement de muschelkalk de Rians, il cesserait en même temps de passer par tous les autres points caractérisés qui ont été signalés, et il ne trouverait, presque en aucun cas, à les remplacer par des repères équivalents. Il tomberait immédiatement dans la classe des cercles insignifiants.

Jusqu'ici, l'*hexatétraédrique* H*aa* n'a été considéré que comme un cercle de symétrie : on n'a précisé l'existence d'aucun *système de montagnes* dont il pût être le *grand cercle de comparaison;* mais ce délaissement n'est peut-être pas irrévocable. Rien n'empêcherait de considérer le petit système stratigraphique dont ce cercle forme l'axe, entre la Romanche et le Drac, comme l'un des éléments d'un système de montagnes non encore formulé, qui pourrait comprendre aussi certains accidents stratigraphiques orientés de la même manière dans les montagnes de l'Oisans. Ce système serait nécessairement antérieur au lias moyen (à *gryphæa cymbium*), qui, à la mine du Peychagnard, repose en stratification discordante sur les couches plus fortement inclinées du terrain anthracifère. Il pourrait être postérieur au calcaire à gryphées arquées, et pourrait être nommé *système du Peychagnard.* L'*hexatétraédrique* H*aa* serait le *grand cercle de comparaison* de ce système.

Bissecteur DH *(système du nord de l'Angleterre).*

Le cercle inscrit au douzième rang dans le tableau des 183 in-

tersections est le *bissecteur* DH, représentant du système du nord de l'Angleterre.

Ce grand cercle passe dans les parages de la Corse, où il coupe plusieurs des cercles du réseau qui traversent cette île. Les intersections calculées ont servi à construire les cercles dont il s'agit. Quant au *bissecteur* lui-même, il tombe complétement en dehors du petit cadre accessoire qui renferme l'île de Corse, et il n'a pas été figuré sur le tableau d'assemblage de la carte géologique. Je n'ai, en conséquence, rien à ajouter ici à la monographie de ce cercle, qui a été donnée précédemment (p. 207). Il me reste seulement à examiner s'il fournit un représentant convenable pour le *système du nord de l'Angleterre.*

D'après la *Notice sur les systèmes de montagnes* (p. 285), le *grand cercle de comparaison provisoire* adopté pour le système du nord de l'Angleterre passe dans Yoredale (Yorkshire) et y est orienté N. 5° O. Cette direction n'est perpendiculaire que dans des limites assez larges à la direction du système des Pays-Bas, à laquelle on l'avait d'abord comparée, mais elle est presque rigoureusement perpendiculaire à celle du *primitif* du Land's End. Il est, par conséquent, très-naturel de chercher le représentant du système du nord de l'Angleterre parmi les perpendiculaires de ce *grand cercle primitif,* qui sont nombreux dans le réseau et qui ne laissent pour ainsi dire que l'embarras du choix[1].

Ainsi, au point de vue de la direction seulement, on pourrait choisir, pour *grand cercle de comparaison : l'octaédrique* de Mulehacen, qui dessine le Land's End et la côte orientale de l'Irlande; l'*hexatétraédrique* H*aa*, qui passe au point *a* de la Norwége et au point *a* entre Minorque et la Sardaigne; le *bissecteur* DH, qui va du point D près de Remda à la pointe orientale extrême du Spitzberg; le *dodécaédrique rhomboïdal*, qui va du point T sur le Bug au point I près de la Nouvelle-Zemble. Mais l'*octaédrique* dont je viens de parler paraît

[1] *Notice*, p. 1075.

être placé trop à l'O. pour un système dont on a trouvé des traces non équivoques dans le nord de la Russie, et le *dodécaédrique rhomboïdal* du Bug, trop à l'E. pour un système qui joue un rôle important dans les Îles Britanniques. On n'a pu réellement hésiter qu'entre l'*hexatétraédrique* H*aa* et le *bissecteur* DH; ils ont été gravés l'un et l'autre sur la carte pl. V de la *Notice*. En adoptant le *bissecteur* DH pour grand cercle de comparaison du système du nord de l'Angleterre, on transporte ce *grand cercle de comparaison* à une assez grande distance à l'E. de la position qu'on lui avait provisoirement assignée en le faisant passer par le Yorkshire; mais par là on le place à des distances à peu près égales de la chaîne carbonifère du nord de l'Angleterre et de la longue ligne dessinée, dans le nord de la Russie, par le bord occidental du calcaire carbonifère [1].

Quant à la direction, par cela même que notre *bissecteur* DH est perpendiculaire au *primitif* du Land's End, il doit s'écarter de la direction du système du nord de l'Angleterre d'une quantité beaucoup moins grande que celle dont on a admis implicitement [2] que cette dernière pourrait être changée ultérieurement, lorsqu'on a remarqué qu'elle est déjà perpendiculaire, à 4 ou 5 degrés près, à celle du système des Pays-Bas [3]. En effet, d'après le tableau de la page 860 de la *Notice*, l'angle nord de l'Angleterre-Pays-Bas est de 85°28′34″; mais, comme le grand cercle de comparaison du système des Pays-Bas aurait à être rapproché de la ligne E.-O. de 4°13′32″ pour coïncider avec le *primitif* du Land's End, il faudrait ajouter à peu près cette quantité (sauf l'excès sphérique d'un triangle que je crois inutile de calculer) à l'angle ci-dessus, pour avoir l'angle nord de l'Angleterre-Land's End. Cet angle serait par conséquent d'environ 89°42′06″, soit en nombres ronds 89°40′, et il ne différerait de l'angle droit que de 20 minutes. Notre *bissecteur* DH qui est perpendiculaire au *primitif* du Land's End s'écarte donc seulement d'environ 20 minutes, vers l'ouest du nord, de la direction qui a été

[1] *Notice*, p. 289. — [2] *Notice*, p. 1080. — [3] *Notice*, p. 360.

assignée au *grand cercle de comparaison provisoire* du système du nord de l'Angleterre. Il représente ce système d'une manière satisfaisante.

Quant au système du nord de l'Angleterre considéré en lui-même, l'adoption de ce nouveau *grand cercle de comparaison* ne change rien à ce qui a été dit de sa composition et de son âge relatif dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 281 et ailleurs (voir la table de l'ouvrage). On peut ajouter, comme on l'a déjà fait dans la *Notice*[1], en comparant le *bissecteur* DH du système du nord de l'Angleterre au *trapézoédrique* TD*b* du système des îles de Corse et de Sardaigne, dont il ne diffère en orientation que de 4° à 5°, qu'il est remarquable de voir le second plus en rapport avec les accidents fortement accentués du monde actuel, et l'autre avec les accidents, moins sensibles à l'extérieur, d'un monde plus ancien, que le réseau pentagonal fournisse à point nommé ces deux cercles, et que, d'après des directions imprimées plus de vingt ans avant la publication de la *Notice*, le second se trouve échoir en partage au système des îles de Corse et de Sardaigne et le premier au système plus ancien du nord de l'Angleterre.

Trapézoédrique T*a* *(système du Vercors).*

Le cercle inscrit au treizième rang dans le tableau des 183 intersections est le *trapézoédrique* T*a* adopté comme représentant du système du Vercors.

Ce grand cercle passe par le point T du golfe de Guinée et par le point *a* qui tombe dans la Méditerranée, entre Minorque et la Sardaigne. Il a pour pôles les intersections du *dodécaédrique rhomboïdal* et du *bissecteur* IH, auxquels ces deux points appartiennent comme pôles, intersections qui sont figurées dans le tracé de M. Laugel et qui tombent, l'une dans l'océan Pacifique, au nord

[1] *Notice*, p. 1079.

des îles Galapagos, l'autre dans l'océan Indien, au S.-O. de Sumatra.

Ce grand cercle entre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté septentrional, et traverse d'abord les terrains schisteux de la Westphalie, où il coupe le *primitif* du Land's End et le *diamétral* D*ac*, représentant du système des Pays-Bas. Passant ensuite entre les basaltes du Westerwald et les terrains volcaniques du Siebengebirge et du lac de Laach, il continue son cours sur les schistes et les grauwackes. Il coupe le *trapézoédrique* TD*b* du système du Finistère, à 3 kilomètres à l'est de la forteresse d'Ehrenbreitstein, et le *bissecteur* DH de Belle-Île, sur les bords du Rhin, au sud de Boppart.

C'est ici la partie la plus accidentée du cours du Rhin dans tout l'intervalle compris entre Bingen et Cologne. Sa vallée forme des méandres très-prononcés, toujours remarqués des touristes, à cause des sites pittoresques que ces méandres présentent sous plusieurs aspects divers aux personnes qui suivent le Rhin en bateau à vapeur. Notre cercle, après avoir traversé la Lahn à l'une de ses principales inflexions entre Bad-Ems et Lahnstein, coupe trois fois le cours du Rhin dans un intervalle de 8 kilomètres, résultat que ne produirait aucune autre ligne coupant le Rhin dans toute la partie du cours de ce fleuve qui est encaissée dans les terrains schisteux.

Le Rhin est rapide dans ces méandres, qui allongent cependant son cours. Si on les remplaçait par une tranchée rectiligne qui réduirait de plus de moitié l'espace parcouru par les eaux, cette tranchée offrirait un rapide ou une cataracte, à moins qu'on n'y établît une écluse; c'est donc bien là un accident remarquable du cours du Rhin, et le plus considérable qu'il présente entre Bingen et Cologne.

Sur la rive gauche du Rhin, notre cercle passe près des sources de la Simmern, qui s'en détache vers l'ouest, par l'effet des sinuosités de son cours, mais il la retrouve à sa terminaison extrême en coupant la Nahe, précisément au confluent des deux rivières.

Plus loin, il effleure les extrémités orientales des principales masses de mélaphyres du Palatinat, et il remonte la vallée de la Glan, où il passe aux confluents des différents cours d'eau que reçoit cette rivière. Laissant Deux-Ponts à 2 kilomètres à l'ouest et Neuhornbach à 1 kilomètre à l'est, il passe exactement au confluent des rivières Hornbach et Schweigen, et, sur les bords de cette dernière, il coupe le *primitif* de Lisbonne, qui lui-même passe à Nenhornbach.

En remontant la Schweigen, notre cercle entre obliquement dans les basses Vosges, dont les accidents sont parallèles à la direction du système du Rhin, plus inclinée par rapport au méridien que celle de notre cercle. Ce dernier se rapproche par degrés de la ligne de faîte et finit par la dépasser. Laissant à l'est le fort de Bitche, il passe à celui de la Petite-Pierre et laisse à l'ouest la place de Phalsbourg. Il coupe la grande route de Paris à Strasbourg, au hameau des Quatre-Vents, dont le nom indique déjà le voisinage du point culminant, et qui n'est en effet qu'à un kilomètre et demi de la colonne où commence la longue descente de Saverne.

S'engageant alors dans les Vosges proprement dites, notre cercle coupe le *diamétral* D*ac* du système de la Côte-d'Or dans les anfractuosités de la crête des montagnes de grès, un peu à l'O. du signal géodésique du Geisfels, élevé de 572 mètres. Plus loin, il pénètre dans le ban de la Roche par le cap très-saillant, couronné de montagnes de grès des Vosges, qui domine Vische vers le N.-N.-E. Sur ce cap proéminent, le *trapézoédrique* T*a* laisse, à 700 mètres seulement vers l'ouest, le signal géodésique de la Porte-de-Pierre, élevé de 1,007 mètres. Cette montagne serait la plus élevée de toutes les montagnes de grès des Vosges si le Grand-Donon, situé à 7 kilomètres au S.-O. sur un autre cap de la ceinture du ban de la Roche, n'avait 3 mètres de plus (1,010 mètres).

Traversant obliquement la dépression du ban de la Roche, où il passe à Waldersbach, notre cercle en sort en rasant le pied occidental du massif granitique du Champ-du-Feu. Il coupe le *trapézoé-*

drique T*c*, représentant du système du Hundsrück, à 600 mètres à l'ouest du signal de Raurupt, placé, à la hauteur de 956 mètres, sur la croupe de ce chaînon montagneux, sur lequel j'aurai à revenir.

Le *trapézoédrique* T*a* parcourt ensuite l'intérieur pittoresquement accidenté des Vosges, en passant à différents points définissables qu'il ne m'est pas possible d'énumérer ici. Il traverse la ville de Sainte-Marie-aux-Mines, et, au midi de cette ville, le coteau de Surlate et de Saint-Philippe, l'un de ceux où les mines d'argent célèbres de cette localité étaient jadis exploitées.

Il traverse le bourg de la Poutroye, situé au pied occidental du col du Bonhomme et au bord de la masse de granite qui forme ici la crête des Vosges. Il coupe la vallée de Munster en passant à la porte orientale de la ville de ce nom, et en sort par le Kahlen-Wissen ou Petit-Ballon, dont il laisse la cime, élevée de 1,274 mètres, à 300 mètres environ vers l'O. Plus loin, il laisse à 1 kilomètre à l'O. la cime du ballon de Guebwiller, point culminant des Vosges, élevé de 1,426 mètres. Le ballon de Guebwiller est formé par le terrain de porphyre brun appuyé sur le granite, et notre cercle suit aussi exactement que possible, sur une longueur de 5 kilomètres, la ligne de contact légèrement sinueuse du porphyre brun et du granite.

Il descend du ballon et sort des Vosges en coupant la masse de mélaphyre située au S.-O. de Thann, puis il traverse la dépression qui sépare les Vosges du Jura et dont on a profité pour établir le canal du Rhône au Rhin.

Notre cercle passe à 1 kilomètre environ à l'O. du village de Valdieu, c'est-à-dire précisément au point de partage entre les eaux qui coulaient naturellement dans la rivière Saint-Nicolas, affluent du Doubs et du Rhône, et dans la rivière la Largue, affluent de l'Ill et du Rhin. Là se trouvait, à 350 mètres au-dessus de la mer, un seuil à peine sensible qui a été tranché pour l'établissement du canal. On a placé en cet endroit l'extrémité N.-E. du bief de partage et le point de départ d'une longue série d'écluses, qui, comme un escalier gigantesque, descendent au niveau de la Largue,

qui est moins élevé que celui de la rivière Saint-Nicolas. C'est le point le plus caractéristique de tout ce grand ouvrage, et c'est là aussi que notre cercle le traverse. Il se conduit à l'égard du canal comme à l'égard du Rhin lui-même.

Passant ensuite entre Delle et Porentruy, il aborde le Jura par la roche d'Or, montagne élevée de 930 mètres, *sur laquelle* tombe le point d'intersection du *trapézoédrique* T*a* et du *bissecteur* DH, représentant du système du mont Seny.

Notre cercle coupe ensuite le Doubs deux fois de suite dans l'espace de 6 kilomètres, à la naissance du crochet aigu qu'il va former près de Sainte-Ursane et à l'occasion duquel le célèbre géologue de l'Auvergne, M. de Montlausier, lui adressait les paroles de la Bible :

.....et tu, Jordanis, quia conversus es retrorsum?

Le plus simple exposé de la combinaison d'accidents stratigraphiques qui, après avoir donné passage aux eaux du Doubs, les force à revenir en arrière, serait une odyssée beaucoup trop étendue pour trouver place dans ce Rapport. Je me borne à dire que notre cercle, au sortir de cette mêlée, suit les crêts coralliens qui emprisonnent le Doubs dans les gorges profondes situées entre Goumois et Noirmont, et que, traversant le val Saint-Imier et les crêtes les plus élevées de cette partie du Jura, il va couper le *trapézoédrique* T*b*, représentant du système du Tatra, dans le bassin tertiaire de Vallengin, à 3 kilomètres au N.-O. de la cime du Chaumont. Il entre enfin dans le lac de Neufchâtel en traversant la ville du même nom, bâtie précisément au point où l'éperon montagneux couronné par le Chaumont vient expirer sur le rivage.

Franchissant ensuite les molasses du Jorat et le lac de Genève, il entre en Savoie à 1 kilomètre à l'ouest de Saint-Gingolp, c'est-à-dire vers l'extrémité orientale des célèbres rochers de Meillerie. Il tronque très-légèrement la frontière du Valais, passe à la pointe de la Cornette, cime la plus avancée vers l'est du groupe des

dents d'Oche, puis il traverse la vallée d'Abondance au confluent de torrents situé immédiatement au-dessous de la chapelle qui lui donne son nom.

Notre cercle franchit ensuite la vallée de la Drance de Thonon près de sa source au-dessus de Morzine, puis celle du Giffre en passant dans la ville de Samoën, et enfin celle de l'Arve au-dessus de Passy, après avoir coupé le prolongement occidental de la crête des rochers des Fis, à 1 ou 2 kilomètres à l'E. de l'aiguille de Varens.

Laissant Megève à l'ouest et les bains de Saint-Gervais à 2 ou 3 kilomètres à l'est, il parcourt les montagnes comparativement peu élevées de la vallée de Beaufort, et va au fond de cette vallée couper, comme il a été dit ci-dessus (p. 280) le *trapézoédrique* Tl, représentant du système du mont Viso, avec lequel il partage le privilége de passer entre les extrémités, en regard l'une de l'autre, de la chaîne de roches primitives du mont Blanc et de celle de Belledone.

Au delà de la crête calcaire qui sépare la vallée de Beaufort de la Tarentaise, il passe l'Isère entre Aime et Villette, et se dirige, par le haut des vallées des Allues et de Belleville, vers la Maurienne, où il franchit l'Arc à Orelle, pour aller sur sa rive gauche, à 3 kilomètres au midi du village, couper le *diamétral* D*c* du système des Alpes occidentales, sous un angle d'environ 20°. Dans ce point à peu près central de la Maurienne, le *trapézoédrique* T*a* se dirige vers le N. 7° 53′ 22″,07 E. et le *diamétral* D*c* vers le N. 27° 37′ 29″,73 E.

En poursuivant son cours au milieu de crêtes tourmentées, notre cercle va passer dans le haut de la vallée de Valmenier, vers l'extrémité du petit glacier qui descend du mont Tabor, seul glacier qu'il rencontre dans toutes les Alpes, dont il évite les cimes principales. Il laisse à moins de 3 kilomètres à l'est la cime de la montagne, élevée de 3,182 mètres, ainsi que la chapelle adjacente, où viennent se réunir les frontières des trois anciennes provinces de la Savoie, du Piémont et de la Provence.

Dans tout l'intervalle, depuis le lac de Genève jusqu'au bassin

de la Durance, notre cercle présente des rapports très-particuliers avec l'orographie de la contrée. On peut remarquer qu'un grand nombre de crêtes lui sont parallèles, et sur la carte géologique générale de la France, gravée longtemps avant qu'on l'y traçât, il se trouve former la ligne médiane d'une zone étroite dont on pourrait croire le dessin modelé d'après sa direction.

A partir du mont Tabor, le *trapézoédrique* T*a* se dirige, au milieu des crêtes d'une structure compliquée d'où découlent les premiers affluents de la Durance, vers le col du Chardonet, où il passe à 1 kilomètre à l'est de la pointe de porphyre quartzifère autour de laquelle se groupent un gîte de graphite bien connu et des gîtes de minerais de cuivre et de plomb explorés et même concédés depuis quelques années. Sur le tableau d'assemblage, la pointe porphyrique tombe à l'est du cercle, ce qui est une des légères inexactitudes déjà signalées de cette carte.

Notre cercle passe ensuite au bourg du Monestier-de-Briançon, où se trouve une source minérale, franchit la crête de terrain nummulitique qui sépare la vallée du Monestier de celle de Val-Louise, crête sur laquelle il coupe le *trapézoédrique* TI*a* du système du Morbihan. Il passe au village même de Val-Louise, c'est-à-dire très-approximativement au confluent des deux grands torrents, la Gi et la Ronde, dont les eaux réunies forment la Gironde, par laquelle s'écoulent dans la Durance les eaux des vastes glaciers du versant oriental de la chaîne du Grand-Pelvoux.

Il traverse enfin, en s'adaptant à plusieurs de leurs crêtes et de leurs gorges profondément encaissées, les hautes montagnes de terrain nummulitique qui dominent à l'est la ville de Mont-Dauphin, et, après avoir coupé, au moment d'en sortir, le *trapézoédrique* TT*bbc* de l'Hécla, il passe la Durance à 1 kilomètre au-dessous du point où elle reçoit le torrent de Bosredon.

Au sud de la Durance, le *trapézoédrique* T*a*, toujours en rapport de parallélisme avec une foule de crêtes et de gorges profondes, et passant avec une remarquable précision à plusieurs confluents de

torrents, suit le bord des montagnes qui dominent à l'est le bassin où s'est accumulé le dépôt de transport ancien de Mezel. Il coupe l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a* à 2 kilomètres à l'est d'Aups, c'est-à-dire approximativement sur l'angle tourné au S.-O. du massif des montagnes alpines.

A partir de cette espèce de bastion avancé, notre cercle traverse les terrains, beaucoup moins élevés mais toujours accidentés, du département du Var. Il y est constamment en rapport avec les limites géologiques et avec les directions de cours d'eau fortement encaissés, et il va raser à 1 kilomètre de distance le pied oriental de la montagne des Oiseaux, située au midi d'Hyères. Il sort enfin du continent par le milieu de la presqu'île de Giens, qui n'est au fond que l'une des îles d'Hyères, et la plus occidentale de toutes, liée à la terre ferme par les cordons de sable et de galets qui circonscrivent une lagune littorale.

Dans la Méditerranée, le *trapézoédrique* T*a* passe au point *a* situé entre Minorque et la Sardaigne, et, comme le montre la carte pl. V de la *Notice*, il pénètre en Afrique par les environs de Bougie. Son cours dans l'intérieur de l'Algérie suit une ligne assez remarquablement accidentée[1], près de laquelle M. Pomel a fait, dans ces dernières années, d'intéressantes observations. (Voir ci-dessus, p. 8.) Il traverse ensuite le grand désert de Sahara, rencontre le Niger un peu à l'est du méridien de Paris, et continue son cours dans le golfe de Guinée, où il est assujetti à passer à un point T.

Dans la direction opposée, le *trapézoédrique* T*a* sort de l'Europe centrale par les bruyères du nord de l'Allemagne et les terres basses du Jutland occidental. Il parcourt la Norwége dans une grande partie de sa longueur, depuis Tonsberg, à l'entrée du golfe de Christiania, jusqu'à l'île d'Hindoë, située au point où les îles de Loffoden se détachent de la côte, et il s'harmonise, aussi bien que les cercles représentant les systèmes des îles de Corse et de

[1] *Notice*, p. 1087.

Sardaigne et du nord de l'Angleterre, avec les formes du sol et la disposition des masses de roches éruptives. Enfin il va raser au S.-E. la terre des États, partie la plus saillante dans cette direction de l'archipel du Spitzberg.

La monographie du *trapézoédrique* T*a*, pour les parties de son cours extérieures au cadre de la carte géologique de la France, n'a pas encore été faite complétement, mais la manière dont il s'adapte, en France et dans une partie de l'Allemagne, à un grand nombre de points définissables, soit avec une précision presque absolue, soit à 2 ou 3 kilomètres près, suffit pour le placer au nombre des cercles les mieux jalonnés par les accidents orographiques et géologiques, et de ceux qu'on ne pourrait déplacer d'une quantité un peu sensible sans en gâter la position.

Le parallélisme qu'il affecte dans une grande partie de son cours avec des crêtes de montagnes, des gorges profondément encaissées et des cours d'eau, le désigne en même temps comme le représentant d'un système de montagnes. Nous avons maintenant à examiner s'il représente convenablement le système du Vercors.

Ce grand cercle, assujetti à passer par le point T du golfe de Guinée et par le point *a* qui tombe entre Minorque et la Sardaigne, fait en ce dernier point avec le *primitif* de la Nouvelle-Zemble, qui y passe également, un angle de 11°33′15″,76 [1]. Le *primitif* de la Nouvelle-Zemble a été adopté, ainsi qu'on le verra bientôt, pour représenter le système du *Rhin*, mais en rapprochant du méridien de 51′45″ l'orientation adoptée d'abord pour ce dernier système. D'après le tableau de la page 851 de la *Notice*, l'angle Rhin-Vercors est de 11°19′15″; il différerait peu de celui que nous venons de trouver; mais, comme il devrait être réduit de 51′45″ (*à peu près* seulement à cause des excès sphériques), il ne doit être compté que pour environ 10°37′30″. La différence avec l'angle théorique est, par conséquent, d'environ 0°55′45″,76.

[1] *Notice*, p. 1085.

Le *trapézoédrique* T*a* s'écarte donc un peu plus de la direction du système du *Rhin*, et se rapproche un peu plus du méridien que le *grand cercle de comparaison provisoire* qui avait été adopté et d'après lequel on avait calculé les angles inscrits dans les tableaux; mais, si l'on se reporte à la détermination de ce dernier cercle, on verra (page 582 de la *Notice*) que M. Gras a indiqué l'orientation N. 7° à 8° E. et qu'on a pris 8°; si l'on avait pris 7°, la différence qu'on vient de trouver serait de 4′ à 5′ seulement, et en sens inverse. Le cercle théorique tombe donc, quant à sa direction, dans les limites de l'incertitude des observations fondamentales.

Quant à la position de ce même cercle, elle est bonne aussi, puisqu'il traverse le Dauphiné et le Jura. Il serait, je crois, difficile de trouver dans le réseau pentagonal un meilleur représentant du système du Vercors, et l'on peut dire que celui-ci laisse fort peu de chose à désirer.

Quant au système du Vercors considéré en lui-même, il conserve la définition qui en a été donnée dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, page 531. Il faut seulement y ajouter les développements et les perfectionnements dus aux travaux exécutés en Algérie par M. Pomel, travaux par lesquels cet habile géologue est parvenu, entre autres résultats, à fixer d'une manière plus précise l'âge relatif du système du Vercors. (Voir la première partie du présent Rapport, page 8.)

Primitif de la Nouvelle-Zemble (système du Rhin).

Le cercle placé au quatorzième rang dans le tableau des 183 intersections est le *primitif* de la Nouvelle-Zemble, représentant du système du *Rhin*.

Une monographie complète de ce grand cercle a été donnée dans la quatrième partie de ce Rapport (p. 139), mais on a omis d'y parler en détail de la portion de son cours qui traverse le cadre de la carte géologique de la France.

Le *primitif* de la Nouvelle-Zemble est un des cinq *grands cercles primitifs* qui se croisent au point D, centre du pentagone européen, situé près de Remda, en Saxe. Il aborde le cadre de la carte géologique de la France par le côté oriental, et, traversant d'abord le lac de Constance, il entre en Suisse par le canton de Thurgovie, où il passe à Bischofszell. Cette ville est bâtie près du confluent de la Thur et de la Sistern. Notre cercle passe approximativement à ce confluent et coupe la Sistern très-près du point où elle verse ses eaux dans la Thur. Il côtoie d'abord pendant plusieurs kilomètres le cours de cette dernière rivière, qui semble se replier à son approche, puis il en remonte la vallée sinueuse. Il suit le bord du massif montagneux que couronne le Hoher-Säntis, et il rase les dernières pentes du Speer pour aller traverser à Schännis la vallée qui joint le bassin du lac de Wallenstadt à celui du lac de Zürich.

Il y coupe le *trapézoédrique* T*b* du système du Tatra, et le point d'intersection tombe précisément sur le bord du canal de jonction des deux lacs. C'est là un point remarquable dans la configuration de la Suisse, comme répondant aux débouchés dans la plaine des vallées profondément encaissées de Glaris et du lac de Wallenstadt. J'aurai à revenir plus loin sur ce point de croisement et sur la position que lui assignent les lois de la symétrie pentagonale.

Notre cercle s'engage ensuite dans les hautes montagnes qui bordent à l'ouest la vallée de Glaris, et, touchant les petits lacs du Klon-Thal et du Glatt-Alp, il va, dans le canton des Grisons, couper à Sedrun, au pied du Saint-Gothard, la branche la plus septentrionale et la plus directe du Rhin (*Vorder-Rhein*). Il laisse à 3 ou 4 kilomètres à l'est les cimes neigeuses du Glaernish et du Tödi, qui commandent les sinuosités de la vallée de la Linth, à l'ensemble de laquelle il est parallèle depuis la naissance de cette vallée jusqu'au point où elle verse ses eaux dans le lac de Wallenstadt. Il est plus approximativement parallèle encore à une partie des accidents orographiques et stratigraphiques dont la direction, très-oblique à celle de la chaîne des Alpes, est indiquée sur la carte

géologique de la France par le figuré orographique et par les contours des différents terrains.

Au delà de Sedrun, notre cercle, remontant la vallée de Nals et franchissant les montagnes de son sommet, va couper tout près de sa source la seconde branche du Rhin (*Mittler-Rhein*), dont les eaux rejoignent la première par la vallée de Medels, qui est parallèle à notre cercle et située presque dans la prolongation de celle de Glaris.

Franchissant enfin la crête centrale des Alpes, entre le col du Saint-Gothard et celui du Lukmanier, notre cercle entre dans la vallée du Tessin, dont il coupe le cours près de Piolta, au-dessous d'Airolo, dans une partie où l'uniformité des roches jurassiques métamorphiques, qui forment les flancs de toute la partie supérieure de la vallée, est interrompue par un soulèvement granitique (placé trop au N.-O. sur le tableau d'assemblage).

Poursuivant sa route au milieu des montagnes âpres et pittoresques qui séparent le mont Rose du lac Majeur, le *primitif* de la Nouvelle-Zemble coupe la Toccia et la route du Simplon au pont de Midgiandone, situé au-dessus d'Ornavasso, dans la vallée d'Ossola, et la Sesia au coude qu'elle forme entre deux confluents, un peu au-dessous de Varallo. Il sort des montagnes par Strona, au N.-O. de Masserano, pour aller raser au S.-E., dans la plaine du Piémont, le petit lac de Viverone.

Étudié dans tout cet intervalle sur la carte géologique de la France, et mieux encore sur la belle carte géologique du Piémont par M. le professeur Ange Sismonda, où les contours des masses minérales sont plus complétement dessinées, notre cercle se trouve dans une harmonie remarquable avec la structure orographique et géologique de la contrée. Il est parallèle à plusieurs crêtes régulières et aux axes de plusieurs masses remarquables de roches éruptives, telles, par exemple, que celles des beaux granites de Baveno, de Fériolo et de Monte-Orfano. Il l'est également aux directions générales des vallées un peu sinueuses dont les eaux du lac

Majeur et du lac d'Orta remplissent le fond; et la même remarque pourrait s'appliquer à certaines parties des lacs de Lugano et de Côme.

Entrant, au pied des derniers contre-forts du mont Rose, sur les dépôts erratiques des plaines du Piémont, notre cercle, après avoir passé la Doire-Baltée et le Pô, à 5 ou 6 kilomètres au-dessus de leur confluent, et franchi les collines tertiaires du Montferrat, près de Casalborgone et de Chieri, atteint, près de Borgo-San-Dalmazo et de Roccavione, au débouché du torrent qui descend du col de Tende, le pied des Alpes maritimes. Bientôt après, il coupe en un seul et même point le *trapézoédrique* Tl*a* du système du Morbihan et le *trapézoédrique* TI du système du mont Viso, et il n'est pas le rayon le moins heureusement dirigé de cette espèce d'étoile stratigraphique.

Après avoir coupé perpendiculairement, près du col Delle Finestre, l'un de ses passages les plus élevés, la crête granitique des Alpes maritimes, il descend sur son versant méridional dans la vallée de la Vesubie. A partir de Bollène, il suit la direction générale de cette rivière et celle du Var, qui en reçoit les eaux, en côtoyant des crêtes montagneuses qui lui sont à peu près parallèles.

Dans la partie élargie de la vallée du Var qui aboutit à la mer, le *primitif* de la Nouvelle-Zemble passe au point de croisement multiple, déjà cité, près de Cagnes, où il coupe simultanément le *trapézoédrique* TT*bbc* de l'Hécla, le *trapézoédrique* TT*bbc* du système du Sancerrois, et l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a*, trois cercles qui s'adaptent avec précision à la structure de la contrée environnante.

Le *primitif* ne leur cède en rien sous ce rapport. Passant entre le bord de la mer et la masse éruptive de mélaphyre de Biot, il laisse, à 1 ou 2 kilomètres à l'E., le fort Carré et la ville d'Antibes, ainsi que la ligne séparative du muschelkalk et du calcaire du terrain crétacé inférieur. Traversant le golfe de Jouan, il rogne

légèrement l'extrémité orientale de l'île Sainte-Marguerite, et rase à une très-petite distance celle de l'île Saint-Honorat, formées l'une et l'autre du même calcaire crétacé inférieur. Il s'éloigne enfin de la terre en passant précisément à la pointe du cap sous-marin que forme le soubassement des îles Lérins (Sainte-Marguerite et Saint-Honorat), soubassement dont la chute est très-brusque, car sur son rebord on trouve seulement 97 mètres d'eau, et à environ 1 kilomètre plus loin, 415 mètres, sans fond.

S'avançant ensuite sur les eaux profondes de la Méditerranée, notre cercle laisse à l'O.-N.-O., à 9 kilomètres de distance, les escarpements hardis du cap Roux, extrémité des porphyres quartzifères de l'Esterel, et, à 6 kilomètres, le bord de leur plate-forme sous-marine, puis, à 15 kilomètres, le cap de Camarat, extrémité des roches primitives des montagnes des Maures, et, à 10 kilomètres, le bord de la plate-forme sous-marine qui les supporte.

Toutes ces formes sont très-accentuées, comme le sont aussi celles des montagnes calcaires qui, à l'est du Var, forment le littoral du département des Basses-Alpes et d'une partie de la rivière de Gênes.

Ainsi qu'on a pu le remarquer de tous temps, le Var divise cette côte en deux parties qui, en masse, sont très-dissemblables : d'un côté, des roches primitives et porphyriques avec leur cortége de terrain houiller et de trias présentant des contours festonnés; de l'autre, les escarpements de calcaires jurassiques et crétacés de Nice, de Villefranche et de Monaco. Or notre cercle trace la limite des deux régions d'une manière plus nette encore que ne le fait l'embouchure du Var. Laissant seulement à l'ouest le petit lambeau de calcaire crétacé des îles Lérins, et à l'est une étroite lisière de muschelkalk à la porte d'Antibes, il traverse les Alpes maritimes en côtoyant quelques crêtes dont la direction, anomale relativement au reste de la contrée, est sensiblement parallèle à son cours. C'est une disposition analogue à celle qui a été indiquée plus haut entre le lac de Wallenstadt et le lac Majeur; seulement

la région des porphyres reste ici à l'ouest de notre cercle, tandis que près du lac Majeur elle reste à l'est.

La ligne oblique suivant laquelle le *primitif* de la Nouvelle-Zemble traverse les Alpes proprement dites se fait remarquer par plusieurs circonstances importantes. Elle rase, d'une part, l'extrémité orientale du massif du Saint-Gothard, et, de l'autre, l'extrémité occidentale de la région dans laquelle se montrent les granites de Baveno et de Lugano, différents de tous ceux des Alpes occidentales, et les porphyres quartzifères ainsi que les mélaphyres et les dolomies qu'on voit reparaître à différents intervalles sur le versant méridional des Alpes jusque dans le Tyrol. Le *facies* d'une partie des roches sédimentaires et le genre de métamorphisme qu'elles ont subi changent aussi plus ou moins brusquement aux approches de cette ligne, qui forme la limite la plus naturelle entre les Alpes occidentales et les Alpes orientales. Cette troncature oblique des Alpes, mesurée de Bischofszell en Suisse à Strona en Piémont, n'a pas moins de 230 kilomètres (plus de 50 lieues) de longueur, ce qui tient en partie à son obliquité et aussi à ce que les Alpes, dont la structure est si complexe, sont sujettes à s'élargir brusquement et comme par échelons.

Vers le nord, au delà du lac de Wallenstadt, le massif du Speer et du Säntis élargit subitement les Alpes aux dépens des plaines de la Suisse et de la Bavière, en formant une sorte d'échelon dont notre cercle marque le bord. Vers le midi les Alpes s'élargissent, à l'ouest du lac Majeur, aux dépens des plaines du Piémont, et forment un autre échelon, tourné en sens inverse du précédent, dont notre cercle profite pour sortir moins promptement de la région montagneuse. On pourrait dire encore qu'aux points où ces échelons forment saillie, sur le lac de Wallenstadt et sur le lac Majeur, les contours de la région montagneuse présentent des angles rentrants qui y déterminent un étranglement.

Cet ensemble de circonstances établit une relation intime entre le *primitif* de la Nouvelle-Zemble et la structure de l'une des par-

ties les plus compliquées des Alpes. Les Alpes occidentales et les Alpes orientales présentent comme une ligne de suture placée très-sensiblement dans la direction de notre cercle et qui semble se lier à l'existence de la masse de granite de Baveno, dont l'axe lui est parallèle.

Le système du Rhin est postérieur au grès des Vosges et antérieur au grès bigarré. Il est probablement antérieur aussi aux grès rouges de l'Esterel et du lac Majeur, qui semblent se rattacher au grès bigarré. Quant aux terrains jurassiques crétacés nummulitiques, ils lui sont incontestablement postérieurs. Il est donc évident que presque tous les accidents stratigraphiques signalés dans la zone que suit le *primitif* de la Nouvelle-Zemble, aux endroits où elle traverse les Alpes principales et les Alpes maritimes, sont postérieurs à l'origine première du système que ce cercle représente.

Cette conclusion est d'autant plus naturelle que la zone dont nous parlons contient des accidents stratigraphiques importants dont la direction est exactement celle du système des Alpes occidentales, l'un des plus modernes de l'Europe. La *Notice sur les systèmes de montagnes* signale (p. 548) comme se rapportant au système des Alpes occidentales la grande faille de la vallée de la Linth, qui court du lac de Wallenstadt à Ivrée en Piémont, du N. 23°30′ E. au S. 23°30′ O. de Cassini. La différence d'orientation avec le système des Alpes occidentales est de 4 minutes seulement, c'est-à-dire complétement négligeable. Cette faille se sépare notablement, vers le N.-E., de la vallée de la Linth; mais, de même que la série d'accidents signalés plus haut, elle passe à l'extrémité orientale du Saint-Gothard. Elle rend facile à comprendre la reproduction des accidents stratigraphiques du système du Rhin à une époque géologique moderne; mais elle ne dispense pas d'admettre l'existence, dans le sous-sol fondamental, de ces accidents de date ancienne : 1° parce que l'éruption du granite de Baveno et celle des porphyres quartzifères sont antérieures au terrain jurassique, et par

conséquent beaucoup plus anciennes que le système des Alpes occidentales; 2° parce que les deux directions, quoique voisines l'une de l'autre, ne sont pas identiques, conduisant, du pied oriental du Saint-Gothard, l'une aux porphyres quartzifères de Crevacuore, et l'autre au massif de roche éruptive d'Ivrée, qui se rattache au système serpentineux.

C'est un nouvel exemple de l'influence que conserve pour toujours un système d'accidents stratigraphiques sur les mouvements et les altérations du sol qui en a été affecté. Jamais les fractures du sol ne se resoudent assez solidement, pour que leur réouverture ne soit pas plus facile que la production de fractures nouvelles. L'histoire des filons se compose en partie des glissements des deux épontes survenus à plusieurs reprises, à la suite d'un premier remplissage ou de plusieurs remplissages successifs. L'auteur de la *Notice sur les systèmes de montagnes* a souvent insisté sur cet ordre d'idées[1], et déjà même il a été reproduit en plusieurs endroits de ce Rapport; mais il n'a pas toujours été bien saisi.

Le principe de la distinction à établir entre les influences de deux systèmes dont les orientations ne diffèrent guère que de 8 degrés et qui coexistent dans les mêmes lieux peut sans doute être quelquefois difficile à appliquer, mais cela n'empêche pas de voir qu'en résumé le *primitif* de la Nouvelle-Zemble traverse les Alpes maritimes, de même que les Alpes principales, en suivant une zone de peu de largeur, accidentée d'une manière toute spéciale, et que dans cette zone il rencontre des points de repère très-précis, dont on ne pourrait l'écarter sans gâter sa position, tels que le confluent de Bischofszell, le pont de Migiandone, le cap sous-marin au midi d'Antibes.

Cela donne plus de force à la remarque faite ci-dessus (p. 141), que, dans les parties où il traverse des contrées suffisamment con-

[1] Voyez l'article sur les soulèvements des montagnes inséré par M. Élie de Beaumont dans la traduction française du *Manuel géologique* de M. de la Bèche (Paris, 1833), p. 632 et 638.

nues, le *primitif* de la Nouvelle-Zemble est jalonné par beaucoup de points remarquables. J'ajouterai en outre, à ce sujet, que dans la mer d'Okhotsk, d'après la carte déjà citée de M. Ploix, notre cercle sort du continent asiatique au point de jonction d'une côte basse avec le promontoire que termine le cap Shostakoff, et qu'en sortant de cette mer il tronque si légèrement l'île de Paramusir, qu'on peut dire qu'il s'adapte avec précision à la côte rectiligne, de 20 kilomètres de longueur, par laquelle cette île se termine à l'E.-S.-O. le long du détroit de l'Amphitrite.

Le *primitif* de la Nouvelle-Zemble a été adopté, ainsi qu'on l'a déjà rappelé, comme *grand cercle de comparaison* du système du Rhin, et il nous reste à examiner avec quel degré de précision il remplit les conditions auxquelles ce grand cercle de comparaison doit satisfaire. Notre *primitif* forme avec le *primitif* de l'Etna, représentant du système du Ténare, un angle de 36 degrés du côté du nord-est. Or, d'après le tableau de la page 851 de la *Notice*, le *grand cercle de comparaison provisoire* du système du Rhin fait avec celui du système du Ténare, et du même côté, un angle de 36°51′45″: la différence est de 0°51′45″. Or cette différence ne peut être regardée comme considérable lorsqu'on se reporte à la détermination première de l'orientation du système du Rhin, faite d'après une série de failles orientées à peu près parallèlement les unes aux autres, du S. 18° à 23° O. au N. 18° à 23° E.[1]. La moyenne de ces directions estimées en nombres ronds de degrés peut très-bien être en erreur de 52 minutes. Il paraît donc que le *primitif* de la Nouvelle-Zemble peut être adopté pour représenter le système du Rhin. Il est vrai qu'on a fait passer le *grand cercle de comparaison provisoire* du système du Rhin par Strasbourg; mais on peut voir, page 374 de la *Notice*, que c'était à titre provisoire et sans motif péremptoire, pour ne pas le déplacer ultérieurement et le transporter, par exemple, au lac de Constance.

[1] *Notice*, p. 374.

Quant au système du Rhin considéré en lui-même, à son âge relatif, à sa composition, ce qui précède ne conduit à aucun changement à ce qui a été dit sur ce sujet dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, page 262 et autres. (Voir la table de l'ouvrage.)

Diamétral D*c* *(système des Alpes occidentales).*

Le cercle placé au quinzième rang dans le tableau des 183 intersections est le *diamétral* D*c*, représentant du système des Alpes occidentales.

Ce grand cercle, assujetti à passer au point D, centre du pentagone européen, près de Remda, en Saxe, et au point *c* qui tombe près des monts Aldan dans la Sibérie orientale, a pour pôles les intersections du *dodécaédrique régulier* du cap Corrientes et de Singapour et d'un *trapézoédrique* TI auquel le point *c* appartient comme pôle. Ces deux intersections tombent, l'une sur les côtes du Mexique, près du cap Corrientes et l'autre dans l'océan Indien, au sud des îles Peros-Banhos.

Le *diamétral* D*c* pénètre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté oriental. Il coupe le Neckar au-dessous de l'inflexion et du confluent qui existent au-dessus d'Esslingen, et, remontant quelque temps la vallée, il en sort à une autre inflexion située au-dessus de Nurtingen, et entre à Reuttlingen sur l'Alpe de la Souabe. Il suit à peu près la ligne culminante de ce plateau calcaire jusqu'au point où il rencontre le Danube au-dessus de Mohringen. Plus loin, il suit les coteaux jurassiques qui bordent à l'est la vallée de l'Aitach et ensuite la crête des Randen, plateaux calcaires qui prolongent l'Alpe de la Souabe jusqu'au Rhin. Il passe ce fleuve précisément au pont de Kaiserstuhl, que la disposition générale des localités aura conduit à placer dans la direction prolongée de la partie méridionale de l'Alpe de la Souabe et des Randen, direction dont notre cercle est la représentation la plus exacte.

En Suisse, le *diamétral* D*c* coupe la chaîne calcaire de Regens-

berg et le cours de la Limat à peu de distance du défilé dans lequel coule la source minérale de Baden, qu'il laisse à 2 kilomètres à l'O.-N.-O.; puis il traverse les plaines de l'Argovie, près de l'extrémité d'aval des petits lacs de Hallwyl et de Sempach, pour aller couper, un peu à l'E. de Willisau, le *trapézoédrique* T*b* du système du Tatra. La position de ce point de croisement, sur lequel j'aurai à revenir plus loin, n'est pas moins remarquable par rapport à la structure de la Suisse que celle du point de croisement déjà signalé près de Schännis, dans la vallée qui joint le lac de Wallenstadt à celui de Zürich.

Notre cercle entre ensuite dans les Alpes par les montagnes de Nagelfluhe de l'Entlebuch, où il suit la crête qui limite à l'ouest la vallée de la Petite-Emme, et où il coupe la vallée de la Grande-Emme au coude qu'elle forme en traversant la prolongation de cette même crête. Il laisse à l'O., à 1 ou 2 kilomètres seulement de distance, sur une crête parallèle, plus courte mais plus élevée, le sommet du mont Napf, élevé de 1,542 mètres et point culminant de tout le groupe, qui est à la fois un magnifique belvédère pour contempler les beautés pittoresques de la Suisse et un point de repère approximatif très-remarquable pour le *diamétral* D*c*.

Ce grand cercle atteint bientôt après le lac de Thun, qu'il traverse dans sa partie la plus caractérisée, celle où viennent expirer sur ses bords, l'une en face de l'autre, la chaîne du Hohgant et celle du Niesen. Il laisse à 1 kilomètre à l'E.-S.-E. le village de Merligen, bâti sur l'extrémité des couches nummulitiques de la première de ces chaînes.

Le Niesen, à proprement parler, ne baigne pas son pied dans le lac de Thun, il en est séparé par le Kander, qui en détache un tronçon, mais de ce tronçon part un éperon sur lequel se trouve le village d'Aeschi et qui touche presque les eaux du lac. C'est par l'éperon et le village d'Aeschi que le *diamétral* D*c* aborde les Alpes bernoises. Franchissant le Kander, il atteint le massif du Niesen,

dont il laisse à 1 kilomètre à l'O.-N.-O. la cime élevée de 2,384 mètres, et dont il suit le flanc E.-S.-E. en côtoyant, à 1 ou 2 kilomètres de distance, sa crête rectiligne formée de terrain nummulitique. Traversant ensuite les pelouses arrondies du col de Hahnenmoss, il entre en Valais par les anfractuosités hardies du col du Rawyl, et va couper la Morges et le Rhône près de leur confluent, un peu au-dessous de Sion.

Sur le haut du flanc méridional de la vallée du Rhône, notre cercle passe à 1 ou 2 kilomètres à l'E.-S.-E. de la Pierre-à-Voie (*Pierre à voir*), montagne élevée de plus de 2,300 mètres, dont le nom signale à la fois les formes élancées et l'admirable panorama qui se déploie autour de sa cime. Il traverse ensuite la Drance de Bagnes près de Chable, la Drance d'Entremont au-dessus d'Orsières et la Drance de Ferret à Branche, puis il entre en Piémont par le col Ferret.

Là, restant sur les calcaires schisteux du lias qui forment le col, il rase à environ 1 kilomètre de distance les roches primitives des Grandes-Jorasses, qui font partie du massif du mont Blanc; par où l'on voit que la Pierre-à-Voie, le Niesen et le mont Napf sont placés sur une ligne droite, tangente à la base de ce massif dominant.

Notre cercle côtoie cette ligne dans toute sa longueur à 1 ou 2 kilomètres environ de distance, distance minime et presque négligeable quand il s'agit d'aussi grosses masses. Sans même la négliger, on peut remarquer que l'association de notre cercle à cette ligne, sur une longueur de 150 kilomètres et au delà, est de sa part une adaptation singulièrement précise à la structure des Alpes occidentales.

Dans la partie où il vient raser le mont Blanc, notre cercle se trouve dans l'intérieur de la circonvallation cratériforme, depuis longtemps signalée[1], dont les couches jurassiques et crétacées soulevées aux approches du colosse Alpin environnent sa masse im-

[1] *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 538.

posante; mais il n'y pénètre pas plus avant, et il ne touche nulle part les roches primitives. Dans la branche piémontaise du Val-Ferret, il se tient constamment sur le flanc S.-E. opposé au mont Blanc, et, passant entre les rochers granitiques de Saxe et la cime du mont Cormet, formée de roches jurassiques altérées par les phénomènes métamorphiques, il coupe la Doire-Baltée, entre Courmayeur et Pré-Saint-Didier, dans la gorge par laquelle elle s'échappe vers Aoste, gorge dans laquelle coule la source minérale de Courmayeur et par laquelle notre cercle sort lui-même obliquement de l'enceinte cratériforme.

En se reportant à ce qui a été ci-dessus (p. 166), de la manière dont le *dodécaédrique rhomboïdal*, axe volcanique de la Méditerranée, rase le contour du cratère de soulèvement de Ténériffe, on voit que notre cercle se conduit ici presque de la même manière; cependant il pénètre un peu dans l'intérieur de la circonvallation cratériforme. Il passe à 10 kilomètres de l'axe du mont Blanc, tandis que le *dodécaédrique rhomboïdal* passe à 8 kilomètres seulement de l'axe du pic de Ténériffe; mais ici les masses sont plus considérables et la figure totale beaucoup plus grande. En dernière analyse, on voit de part et d'autre des éléments de grandeurs comparables se combinant d'une manière qui n'est pas dépourvue d'analogie.

Sorti de la sphère du mont Blanc un peu au-dessus de Pré-Saint-Didier, notre cercle remonte la vallée de la Thuile, et il entre dans la Savoie en suivant la crête qui borde à l'E.-S.-E. le col du Petit-Saint-Bernard, où certaines versions font passer Annibal avec ses éléphants : il laisse la route carrossable qui le traverse aujourd'hui à 1 kilomètre dans l'O.-N.-O. Il coupe ensuite l'Isère perpendiculairement à sa direction dans les gorges profondes où il coule au-dessous du mont Valaisan-sur-Scez, et, suivant les crêtes quartzeuses et primitives qui environnent la mine de Pezey, il va dans la vallée du Doron couper, au-dessus de Bosel, le *trapézoédrique* TI du système du mont Viso. Le point d'intersection tombe au fond

de la vallée sur une expansion de roches primitives qui semble préparée pour le recevoir.

Plus loin notre cercle, traversant les montagnes neigeuses où prennent naissance les vallées des Allues et de Belleville, franchit l'Arc au-dessus d'Orelle et à 3 kilomètres au midi de ce village; il coupe, sur la rive gauche de la même rivière, comme il a été dit ci-dessus, le *trapézoédrique* T*a* du système du Vercors.

Passant ensuite, à l'ouest du mont Tabor, à la naissance des vallées de Valmenier et de Bonnenuit, il va couper, au pied oriental du col de Lautaret, la source de la Guisane, dont les eaux descendent vers Briançon.

Il aborde le massif des montagnes granitiques de l'Oisans par la pointe de l'espèce d'éperon qui s'en détache vers l'E.-N.-E. et sur la surface duquel il rencontre le *trapézoédrique* Tl*a* du système du Morbihan.

Il traverse ces montagnes aux formes hardies et crénelées en laissant à 2 kilomètres vers l'O.-N.-O. le hameau de la Bérarde, bâti près du confluent de plusieurs torrents, au centre approximatif de l'enceinte cratériforme décrite autrefois par l'auteur de la *Notice*[1]. Il y laisse, à 2 kilomètres à l'E.-S.-E., la pointe des Arcines ou des Écrins, élevée de 4,105 mètres et cime culminante de tout le groupe, puis, à 4 kilomètres, le Grand-Pelvoux, élevé de 3,934 mètres, qui lui donne son nom. Il sort enfin du cratère granitique par les cimes élevées qui dominent la Muande de Bellone et le col de Saïs. Le *diamétral* D*c* traverse alors la partie supérieure du val Godemard, où il coupe, sur le bord du torrent de la Severaise, le *trapézoédrique* TT*bbc* de l'Hécla, dont on a parlé ci-dessus (p. 271).

Continuant son cours au milieu des roches primitives dans lesquelles sont encaissés le val Godemard et la vallée de Champoléon, et s'adaptant avec précision à une crête continue qui s'étend

[1] Faits pour servir à l'histoire des montagnes de l'Oisans, par M. Élie de Beaumont [1829]. (*Mémoires de la Société d'Histoire naturelle de Paris*, t. V, et aussi *Annales des Mines*, 3e série, t. V, p. 3.

de la vallée de Severaise à celle du Drac, notre cercle passe à la montagne de Chaillol-le-Vieil, élevée de 3,107 mètres, qui couronne cette crête et qui est la plus avancée vers le sud des hautes montagnes primitives du Dauphiné.

La situation de la crête du Chaillol par rapport au groupe de la Bérarde n'est pas dénuée d'analogie avec celle de la crête du Niesen par rapport au groupe du mont Blanc, et les deux crêtes approchent beaucoup d'être dans le prolongement l'une de l'autre. La position de l'une et de l'autre par rapport au groupe cratériforme qui lui correspond rappelle celle du *manche d'une raquette à jouer au volant,* et telle est aussi, à Ténériffe, la position de la crête d'El-Cuchillo par rapport au cratère de soulèvement. Sir Henry T. de la Bèche, dans ses *Researches in theoretical geology*, a donné (page 211, figure 40) un petit diagramme qui peut servir d'illustration à ces rapides aperçus.

Passant le Drac au confluent du torrent d'Ancelle, le *diamétral* D*c* traverse les montagnes peu élevées qui accompagnent le col de Bayard, passe dans la ville même de Gap et s'identifie successivement avec des portions assez étendues de la grande route de Gap à Marseille, du torrent des Bezines et de la Durance, ce qui montre que, malgré l'abaissement du relief, sa direction continue à être imprimée à la topographie de la contrée.

Il quitte la Durance au coude que cette rivière forme près de Thez, coupe le Buech au-dessus de Ribiers, dans le voisinage de plusieurs confluents, et va traverser la crête de la montagne de Lure par l'une de ses principales sommités, sur laquelle, comme on l'a déjà dit page 304, il coupe l'*hexatétraédrique* H*aa* du système du Peychagnard.

Poursuivant son cours vers le S.-S.-E. sur la surface peu tourmentée des terrains crétacés et tertiaires, notre cercle coupe la chaîne du Leberon au N.-O. de Vitrolles et la Durance, détournée vers l'ouest, à 3 kilomètres au-dessous du confluent de la Lèze. La vallée de cette dernière rivière, de même que plusieurs vallées et

autres accidents des plateaux circonvoisins, suit à peu près la direction de notre cercle, qui est aussi celle de la Durance, depuis le confluent de la Bleone jusqu'à celui du Verdon.

Dans le département des Bouches-du-Rhône, ce même cercle laisse à l'O., à moins de 2 kilomètres de distance, le petit champignon basaltique isolé de Beaulieu. Il coupe la Touloubre, près du vieux château de la Calade, au coude où la traverse la route d'Aix à Avignon, et l'Arc dans la courbe qu'elle décrit autour du château de Saint-Pons. Il aborde la chaîne calcaire qui passe au midi de l'étang de Berre, à 1 kilomètre à l'ouest du tunnel de la Nerte, dans lequel passe le chemin de fer d'Arles à Marseille, et il entre enfin dans la Méditerranée par le port de Mégean, situé un peu à l'ouest du point où les calcaires jurassiques et crétacés sont remplacés, dans les falaises de la côte, par le terrain tertiaire miocène.

Dans le golfe du Lion, notre cercle, laissant à l'est les îles de Ratoneau, de Pomègue et du Planier, avant-corps des montagnes qui dominent Marseille, va former un des côtés du petit triangle déjà mentionné ci-dessus (p. 295).

Poursuivant son cours dans la Méditerranée, le *diamétral* D*c* coupe l'île de Majorque presque exactement suivant la ligne du cap Ferruch au cap Salinas; il entre en Afrique près du cap de Tenez, et, laissant à l'est l'Ouansenis, il traverse l'Algérie parallèlement à l'une des principales lignes d'accidents qui s'y dessinent et dans une région qui en porte fortement l'empreinte : il finit par atteindre les montagnes qui séparent le bassin du Sénégal de celui du Niger, et sort du continent par la côte du golfe de Guinée.

Du côté opposé, notre cercle traverse dans le centre de l'Allemagne la région principalement occupée par le trias, en coupant, à des inflexions prononcées, non-seulement le Neckar, mais encore la Jaxt, la Tauber et le Mayn, et il rase à une assez faible distance le sommet du crochet que forme cette dernière rivière au-dessus de Wurtzbourg. Construit sur la belle carte géologique déjà citée de M. Bernard Cotta, il coupe à Sachsendorff la pointe d'une petite

protubérance de grès bigarré supérieur, et à Mosserberg celle de la prolongation extrême vers le S.-E. du grès rouge et du porphyre du Thüringerwald. Traversant enfin la région schisteuse du Frankenwald, il va passer au point D, centre du pentagone européen, près de Remda.

Au delà du point D, traversant encore une grande étendue de plaines couvertes par le trias et les dépôts tertiaires, il va rencontrer la Saale à une petite distance au-dessous de Halle, et couper la protubérance de porphyre quartzifère et de grès rouge qui se montre au nord de cette ville. Passant ensuite la Mulde et l'Elbe un peu au-dessus de leur confluent, près de Dessau, il traverse les plaines sablonneuses du Brandebourg, et il entre dans la mer Baltique par le Stettin-Haff, en touchant les petits lambeaux de terrain tertiaire qui se montrent dans l'île de Wollin.

Dans la Baltique, notre cercle côtoie l'île de Gothland et va aborder le promontoire situé au S.-E. d'Abo. Traversant obliquement la Finlande, il en sort par son angle N.-E. à l'entrée de la mer Blanche. Il coupe la presqu'île située à l'est de cette mer, puis, dans la mer Glaciale, l'île Klaguew, et va raser la pointe méridionale de la Nouvelle-Zemble.

La monographie de ce cercle n'a pas encore été faite d'une manière complète pour les parties situées en dehors de la carte géologique de la France. Je n'essayerai pas de la compléter ici; je me borne à dire qu'après avoir passé au point *c*, situé dans la Sibérie orientale, près des monts Aldan, il sort du continent en traversant les lagunes qui accompagnent, au-dessous de Sofisk, la partie inférieure du fleuve Amour. Il coupe ensuite l'île Seghalien, dont il sort un peu au sud du cap Soimonof, et, traversant la mer d'Okhotsk, il entre dans l'océan Pacifique par le détroit qui sépare deux des îles de la chaîne des Kurilles, l'île Kuna-Siri et l'île Yeterop ou Staten. Il rase avec précision la pointe N.-E. de Kuna-Siri, en laissant au large la petite île adjacente, et plus loin, à son entrée dans l'océan Pacifique, il détache aussi l'île de Tschikitan d'une chaîne

de petites îles qui fait suite à la pointe E.-N.-E. de la terre d'Yesso. Cette dernière île contient le volcan de Spanberg. Sur les bords du détroit, M. Léopold de Buch[1] figure cinq volcans, au nombre desquels se trouvent le volcan de Spanberg et le pic Tschatschanoburi, d'où vient peut-être le nom de *chenal de Pico* donné à ce détroit.

Dans l'intérieur du cadre de la carte géologique de la France, le *diamétral* Dc est jalonné d'une manière très-remarquable. Plusieurs points bien définis se trouvent exactement sur sa direction; d'autres, en beaucoup plus grand nombre, et même des crêtes montagneuses considérables, se trouvent de part et d'autre à la distance minime de 1, 2, 3 kilomètres, formant une zone très-étroite, dont on ne pourrait le faire sortir sans gâter sa position. Dans cette zone, et même dans une zone plus large, le dessin topographique de la carte géologique de la France, complété avec beaucoup de soin d'après les documents les plus récents, avant qu'on y construisît les cercles du réseau, indique des rapports intimes entre sa direction et celle des accidents orographiques. Ce cercle est donc aussi bien assis sur les accidents orographiques qu'aucun de ceux que nous avons étudiés.

Il nous reste à examiner s'il remplit les conditions nécessaires pour être adopté comme grand cercle de comparaison du système des Alpes occidentales. L'auteur de la *Notice* avait indiqué successivement deux *grands cercles de comparaison provisoires* très-voisins l'un de l'autre pour le système des Alpes occidentales, l'un passant par Marseille et Zürich, l'autre par l'île de Riou et Hohentwiel. Ces deux cercles s'approchant l'un et l'autre très-près du point D, centre du pentagone européen, près de Remda, il était naturel de chercher parmi les cercles du réseau qui y passent le représentant définitif du système des Alpes occidentales.

[1] *Description physique des îles Canaries*, etc. par M. Léopold de Buch, trad. par M. C. Boulanger, p. 444.

Parmi ces cercles se trouve notre *diamétral* D*c*, qui fait avec le grand cercle de comparaison du système du Ténare un angle de 44° 16′ 3″,65. D'après le tableau de la page 852 de la *Notice*, l'angle formé par les grands cercles de comparaison des systèmes des Alpes occidentales et du Ténare est de 44° 3′ 18″. La différence est de 12′ 45″,55 c'est-à-dire très-petite, et le sens dans lequel elle tombe vient encore contribuer à la rendre tout à fait négligeable. En effet, l'arc Marseille-Zürich s'écarte du méridien d'environ un degré de plus que l'arc île de Riou-Hohentwiel, et, le *diamétral* D*c* s'écartant du *grand cercle de comparaison provisoire* du système du Ténare, et, par suite, du méridien, de 12′ à 13′ de plus que le dernier, on voit qu'il tombe entre les deux grands cercles de comparaison différents qui avaient été successivement indiqués, mais beaucoup plus près de celui qui avait été préféré que de celui qui avait été abandonné.

Le déplacement transversal que le cercle a subi pour passer dans les Randen plutôt qu'à Hohentwiel étant d'ailleurs insignifiant, on voit que le *diamétral* D*c* forme, pour le système des Alpes occidentales, un grand cercle de comparaison très-convenable.

Sous le rapport de son adaptation à l'orographie des Alpes, il est infiniment supérieur et même hors de toute comparaison avec les deux *grands cercles de comparaison provisoires* qu'on avait cependant cherché à placer le mieux possible par voie de tâtonnement.

Le *diamétral* D*c* est très-voisin du *primitif* de la Nouvelle-Zemble, qu'il coupe au point D, près de Remda, sous un angle de 8° 16′ 3″,65 seulement [1]. Cependant les deux cercles sont parfaitement distincts, renfermés dans des zones étroites dont on ne peut les faire sortir ni l'un ni l'autre sans leur faire perdre les caractères qui les distinguent, et, de même que dans d'autres cas analogues mentionnés plus haut, pages 216, 291, etc., on ne peut songer ni à

[1] *Notice*, p. 1128.

les confondre, ni à remplacer l'un par l'autre, ni à les remplacer tous les deux par une moyenne. On peut en outre remarquer que, lorsque des dislocations appartenant aux deux systèmes coexistent dans une même contrée, elles se distinguent par leurs directions, quelque peu différentes qu'elles soient, aussi bien que par leurs âges relatifs. On l'a vu ci-dessus par les failles du système des Alpes occidentales qui existent dans la vallée de la Linth. Dans le groupe même du mont Blanc, on trouve le massif du Brevent et des Aiguilles-Rouges et quelques massifs accessoires, dans lesquels les couches de roches primitives, redressées suivant l'orientation du système du Rhin, sont recouvertes en stratification discordante, d'après les observations de M. Neker de Saussure, de sir Henry de la Bèche, de M. Alphonse Favre et de l'auteur même de la *Notice*, par les couches inférieures du lias, ce qui conduit à attribuer à leur redressement l'ancienneté indiquée par leur direction. En d'autres points, pour des motifs déjà exposés plusieurs fois, il a pu arriver que les dislocations dépendantes du système du Rhin aient été reproduites à l'époque où s'est formé le système des Alpes occidentales.

Quant au système des Alpes occidentales considéré en lui-même, à son âge relatif, à sa composition, ce qui précède ne conduit à rien changer à ce qui en a été dit dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, pages 535, 1071 et autres (voir la table de l'ouvrage), et à ce qu'y ont ajouté les observations faites en Algérie (voir ci-dessus, p. 6-9).

Trapézoédrique T*abc* *(système Longmynd)*.

Le cercle placé au seizième rang dans le tableau des 183 intersections est le *trapézoédrique* T*abc*, représentant du système du Longmynd.

Ce grand cercle est assujetti à passer par le point T qui tombe en Finlande, près de Vasa, et par le point *a* qui tombe dans l'océan

Atlantique au N.-O. de l'île de l'Ascension, ce qui l'oblige à passer aussi par le point *b* situé au nord de l'île Géorgie, et par le point *c* qui tombe dans l'archipel des Nouvelles-Shetland, ainsi que par les antipodes de ces quatre points. Il a pour pôles les deux points où se coupent mutuellement les quatre cercles auxquels ces points appartiennent comme pôles. Ces points d'intersection multiple sont figurés dans le tracé de M. Laugel, et tombent, l'un dans l'océan Pacifique, près des côtes du Mexique, au S.-S.-O. du cap Corrientes, et l'autre dans l'océan Indien, au sud des îles Peros-Banhos.

Le *trapézoédrique* T*abc* pénètre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté septentrional. Il traverse le Rhin au-dessous de Cologne, coupe, à 9 kilomètres à l'O.-S.-O. de cette ville, le *primitif* du Land's End, et va rencontrer le *diamétral* D*ac* du système des Pays-Bas, à l'entrée même de la ville de Gemund, bâtie au confluent de la Roer et de l'un de ses affluents. Notre cercle s'adapte à une partie du cours de cet affluent. Plus loin, dans l'Eifel, il suit pendant quelque temps la ligne de partage des eaux entre la Meuse et la Moselle, puis il côtoie approximativement la vallée de l'Our, et il coupe au sommet de l'un de ses principaux méandres le *trapézoédrique* TD*b* du système du Finistère.

Continuant son cours sur les terrains schisteux, notre cercle traverse la Sûre au-dessus d'Esch, et, sur la ligne culminante située au sud de cette rivière, il passe au point de croisement, déjà cité précédemment, où il coupe simultanément le *bissecteur* DH de Belle-Île et l'*hexatétraédrique* H*aa*.

Sortant alors de l'Ardenne par Attert, très-près du point où se termine la ceinture de grès bigarré qui l'entoure plus à l'est, il traverse les terrains jurassiques du Luxembourg et entre en France au milieu des exploitations de minerai de fer qui entourent le village de la Malmaison.

Il traverse la Meuse dans le grand méandre que forme sa vallée à Vacherauville, au-dessous de Verdun, et l'Aire au coude qu'elle forme près de Fleury. Il s'adapte ensuite avec précision à la pre-

mière section d'une direction toute spéciale de la vallée de l'Aisne, aux environs de Vaubecourt.

Cette adaptation mérite d'être signalée. L'Aisne coule ici, sur une étendue de 7 kilomètres, dans un vallon rectiligne, dont le fond entame le terrain jurassique au-dessous du terrain crétacé inférieur, et dont la direction est à peu près perpendiculaire à celle de la plupart des vallées de la contrée. Il n'y a d'exception que pour celles de deux des affluents supérieurs de la Chée qui sont situés à peu de distance au S.-E. et sur l'un desquels se trouve l'Isle-en-Barrois.

Notre cercle coupe ensuite la Chée près de Villotte et l'Ornain au-dessous de Neuville, points où le terrain jurassique cesse de se montrer dans le fond des vallées de ces rivières, parce qu'il s'enfonce au-dessous du terrain crétacé inférieur.

Sur les collines proéminentes de gault qui environnent Giffaumont, il coupe, au milieu des étangs, le *trapézoédrique* TI du système du mont Viso, et il se dirige vers la vallée de l'Aube. Il traverse cette dernière à l'inflexion qu'elle présente près de Trannes et de Jessains, à peu de distance du point où le terrain jurassique disparaît en s'enfonçant sous les assises du terrain crétacé inférieur.

Passant la Seine à Buxeuil, à 2 kilomètres au-dessus du confluent de la Laignes, il traverse l'Armançon près d'Ancy-le-Franc, à l'endroit où l'étage oolithique inférieur cesse de se montrer dans le fond de la vallée pour s'enfoncer sous l'étage oxfordien, et à moins de 1 kilomètre du point d'émergence d'une source très-abondante, appelée la *Grande Fontaine*, qui sert de trop-plein aux eaux rassemblées dans les fissures des calcaires de l'étage oolithique inférieur[1].

Après avoir suivi quelque temps la crête des coteaux de l'étage oolithique moyen, notre cercle atteint sur le plateau la grande

[1] *Explication de la carte géologique de la France*, t. II, p. 474.

oolithe près de l'Isle, le point de croisement déjà cité, où il rencontre simultanément le *primitif* de Lisbonne et le *trapézoédrique* TT*bbc* de l'Hécla.

Les trois cercles, comme on l'a dit précédemment, s'adaptent aux formes du Morvan, et, tandis que les deux derniers jouent le rôle de tangentes par rapport au contour extérieur de cette protubérance granitique, le *trapézoédrique* T*abc* joue celui d'une sécante adaptée à ses irrégularités, ou plutôt celui d'une tangente à une surélévation intérieure du massif qui embrasse Lormes et Chastelux. En effet, laissant Chastelux et Lormes à 1 kilomètre à l'E.-S.-E., il côtoie la partie surélevée de la région montagneuse, et, entrant ensuite dans la dépression où le calcaire à gryphées arquées empiète jusqu'à Cervon sur les contours granitiques, il y suit encore pendant quelque temps, à une distance peu considérable, la prolongation de la surélévation intérieure. Plus loin, il traverse, entre Éviry et Achun, l'expansion des porphyres quartzifères de la partie méridionale du Morvan, qui s'avancent dans la plaine à un niveau inférieur à celui de la région montagneuse, dont notre cercle marque ici la limite, comme le *trapézoédrique* TT*bbc* le fait du côté de Saulieu.

Traversant les plaines jurassiques et tertiaires du Nivernais, où il rencontre, dans le prolongement de la ligne de soulèvement de Saint-Saulge, le *trapézoédrique* Tl*a* du système du Morbihan, notre cercle coupe à peu près par son milieu la saillie qu'y forme à l'improviste le terrain houiller à la Machine, au nord de Decize. Bientôt après il passe la Loire à 2 kilomètres au-dessous de cette ville et du confluent de l'Aron.

Sur la rive gauche de la Loire, le *trapézoédrique* T*abc* atteint promptement, aux Bruyères, près de Saint-Parèse-en-Viry, le point de croisement quadruple déjà signalé plus haut (page 293) qui, par les cercles qu'il y rencontre, établit un lien entre lui et les principales lignes géologiques de la contrée.

Passant ensuite l'Allier dans la plaine tertiaire, il rase près de

Montilly deux protubérances de marnes irisées qui, dans sa direction, sont comme l'avant-garde du massif central de la France. Il entre dans ce massif en coupant, à 2 kilomètres à l'E.-S.-E. de Souvigny, la vallée de la Queune, où il passe sur les marnes irisées et sur le porphyre avant de pénétrer jusqu'au granite, noyau du cap qui vient expirer et se perdre dans cette direction.

Une fois entré dans les granites, notre cercle y poursuit son cours presque sans rencontrer aucune autre roche, jusqu'au moment où il en sort dans le département du Lot en rasant le petit terrain houiller de la Chapelle-Marival.

Dans cet intervalle de plus de 220 kilomètres, où il passe exactement à Menat et à Bourg-Lastic, notre cercle, sans s'adapter à aucun des traits les plus saillants de la contrée, dessine évidemment l'une des lignes principales de sa structure fondamentale. Il est parallèle à un grand nombre de crêtes granitiques et de dépressions, et il traverse celle qui renferme le dépôt de tripoli de Menat. Il suit parallèlement, à une médiocre distance, le cours de la Queune, du Venant, de la Bouble, de la Sioule et du Sioulet, et enfin le cours de la Dordogne, dont il ne s'éloigne complétement qu'au point où, sortant des terrains primitifs, près de Bretenoux, cette rivière se détourne vers l'ouest. Il s'identifie sur 10 kilomètres de longueur avec le cours de la Sioule, près de Comps, et sur une certaine étendue aussi avec le cours de la Dordogne, près de Meyrières. Il passe rigoureusement, ou à moins de 1 kilomètre de distance, au confluent du Venant et de la Bouble, qui est en même temps le point d'inflexion principal de cette dernière rivière; au confluent de la Sioule et du Sioulet, qui est une des principales inflexions de la Sioule, et aux confluents de la Dordogne avec le Chavanoux et avec la Diége.

Dans ce même intervalle, notre cercle forme la limite E.-S.-E. de la nombreuse réunion de terrains houillers peu étendus, mais très-productifs, qui se groupent à l'E. de Montluçon. Il suit aussi ceux qui s'étendent au sud dans le Cantal; mais ces derniers sem-

blent s'enchaîner suivant une direction plus rapprochée du méridien que celle de notre cercle, et voisine de l'orientation du *primitif* de la Nouvelle-Zemble (système du Rhin). Toutefois on ne peut dire que notre cercle, qui passe à la fois au terrain houiller de Decize et à celui de la Chapelle-Marival, qui sont les deux termes extrêmes de la série, soit étranger à la direction générale un peu complexe que suivent les dépôts houillers de cette partie de la France.

Dans ce même intervalle notre cercle forme presque exactement la limite vers l'O.-N.-O. des terrains volcaniques de la France centrale, car un petit nombre de protubérances basaltiques isolées se rencontrent seules au delà de son cours, et ne le dépassent que faiblement.

En résumé, l'influence du *trapézoédrique* T*abc* se manifeste ici pour un œil attentif avec une grande évidence, et son cours est jalonné dans cette partie par des repères d'une étonnante précision.

Au delà de la Chapelle-Marival, le *trapézoédrique* T*abc*, entrant dans le bassin du S.-O., traverse les plateaux formés par les calcaires de l'étage oolithique inférieur et de l'étage oolithique moyen. Il passe près de Saint-Cels, au N.-O. de Cajarc, au point de croisement déjà mentionné, où il coupe simultanément le *trapézoédrique* T*b* du système de la Vendée et l'*hexatétraédrique* H*baab* de Nontron. Le point de croisement près de Saint-Cels de même que le point de croisement près de l'Isle tombent sur les plateaux calcaires d'une monotone uniformité, où rien n'attire directement l'attention; mais on peut les citer comme exemples de ces positions *stratégiques* d'où partent des rayons qui *prennent en enfilade* de nombreux points de caractères définis. Le croisement de Saint-Cels se trouve mis en rapport, de cette manière, avec une foule de localités remarquables, notamment avec les granites métallifères de l'Aveyron, aux environs de Villefranche, et le *trapézoédrique* T*abc* est parallèle, sur une étendue de 50 kilomètres, à la limite O.-N.-O de cette masse granitique.

Traversant ensuite, suivant l'inflexion que lui imprime l'un de ses méandres, la vallée profondément encaissée du Lot, notre cercle se dirige vers Caussade, en s'adaptant au cours de l'une des petites rivières qui passent près de cette ville et en côtoyant le contour extrême de l'étage oolithique supérieur. La ville de Caussade, que traverse notre cercle, est bâtie à l'extrémité de la zone de terrain jurassique qui forme vers le N.-E. la ceinture extérieure du bassin de la Gascogne, au pied des dernières collines formées par les calcaires de l'étage oolithique moyen. En approchant de leur terminaison, toutes les bandes dont cette zone se compose tournent vers le S.-S.-O., de manière à prendre exactement la direction de notre cercle, qui rase, comme on vient de le dire, le contour de l'étage supérieur, et qui est parallèle aux autres contours, de même qu'à la ligne terminale des granites de l'Aveyron et à la bande de grès bigarré qui y est adossée. Le *trapézoédrique* T*abc* se trouve ainsi posé comme le régulateur de la structure de cette contrée.

Traversant l'Aveyron dans le contour qui le rapproche de Réalville, et le Tarn dans l'étranglement que présente sa vallée avant de se confondre avec celle de la Garonne, ce grand cercle passe la dernière rivière à Grenade, au point où elle reçoit la Save avec le cours de laquelle il s'identifie sur une longueur de 12 kilomètres.

Parcourant ensuite les plateaux miocènes et pliocènes de la Haute-Garonne qui se rattachent à ceux du Gers, il va aborder les Pyrénées par les plateaux calcaires d'Aurignac, où il laisse cette ville à 3 kilomètres dans l'O.-N.-O. Il coupe de nouveau la vallée de la Garonne de la Barthe à Miramont, précisément dans le point où elle se rétrécit au confluent de l'Arrons-Sec, et, passant entre Soueich et Aspet, il traverse des terrains de composition variée, où il laisse à l'O.-N.-O., à 4 kilomètres de distance, le pic de Car, élevé de 1,786 mètres, l'une des dernières cimes du chaînon oriental des Pyrénées, et il va passer à 1 kilomètre à l'E.-S.-E. de Saint-Béat, où il coupe la Garonne pour la troisième et dernière fois.

Sur sa rive droite, à la pointe de Palarquère, située à une petite distance au N.-O. du mont Bucanère, il coupe le *diagonal* I*b* du système du mont Serrat, et, suivant obliquement les montagnes qui séparent la vallée d'Aran de celle de Luchon, il atteint le fond de cette dernière au confluent de la Burbe, au-dessus des rochers granitiques sur lesquels s'élève la tour de Castel-Vieil. Il laisse la ville de Bagnères-de-Luchon et ses sources thermales renommées à moins de 3 kilomètres dans l'O.-N.-O.

Traversant alors le val de Lys près de son issue, notre cercle s'élève sur les flancs de la chaîne centrale des Pyrénées, au milieu des cascades et des lacs sauvages qu'alimentent les glaciers de Graouès descendant des cimes granitiques de 3,110 mètres de hauteur qui forment la crête entre le port la Glère et le port d'Oo. C'est le cœur des Pyrénées, dont le *trapézoédrique* T*abc* descend ensuite le flanc méridional pour aller couper la Cinca, au-dessous d'Ainsa, en laissant cette ville à 4 kilomètres à l'O.-N.-O.

Ainsi le *trapézoédrique* T*abc* aborde la chaîne des Pyrénées de front, dans une direction presque perpendiculaire aux axes de ses deux chaînons principaux, et il les coupe l'un et l'autre à une certaine distance de leurs extrémités respectives; bien différent en cela, dans son allure, du *diagonal* I*b*, qu'il rencontre à la pointe de Palarquère, située dans l'intervalle des deux chaînons entre lesquels ce dernier s'insinue, comme on l'a vu ci-dessus (page 261), en les touchant à peine l'un et l'autre. La réunion des deux cercles forme, avec les axes des deux chaînons, une sorte de diagramme de la structure des Pyrénées centrales, nettement adapté à plusieurs de leurs traits les mieux accentués.

Après avoir traversé l'Espagne, notre cercle coupe la Sierra Nevada du royaume de Grenade, en passant à peu près, sinon exactement, au Mulehacen. Enfin il passe dans le Maroc, aux environs de Fez, et suit les montagnes qui vont se rattacher à la chaîne principale de l'Atlas, un peu à l'E. du Miltzin.

Du côté opposé, le *trapézoédrique* T*abc* traverse la Suède et la

Finlande à peu près dans les régions où l'existence du système du Longmynd a été signalée[1].

Après avoir parcouru la Sibérie, il entre dans la manche de Tartarie par le port de Barraconta, coupe la pointe S.-O. de l'île Seghalien un peu au N. du cap Ontsube, et traverse la terre d'Yesso, de la baie Vlakke à la baie de Bonne-Espérance, en rasant le pied du mont Una, qui s'élève sur une de ses pointes dirigées au N.-E.

Notre cercle est du nombre de ceux dont la monographie complète n'a pas encore été faite. Elle pourrait ne pas être sans intérêt, mais, en s'en tenant seulement à la partie de son cours qui traverse le cadre de la carte géologique de la France, il est nettement jalonné par les accidents géographiques et géologiques. La ville et le confluent de Gemund, le tronçon initial de la vallée de l'Aisne, la Grande Fontaine d'Ancy-le-Franc, les flancs des montagnes du Morvan, les confluents multipliés des rivières du centre de la France, les contours terminaux de la zone jurassique du bassin de la Gascogne, les accidents orographiques et géologiques de la partie centrale des Pyrénées, sont, pour ce cercle, des repères précis dont on ne peut l'éloigner sans gâter sa position, car beaucoup d'entre eux sont uniques dans leur genre, et il n'en existe pas d'autres dans un assez grand rayon qui puissent leur être substitués. Il nous reste à examiner si ce cercle peut réellement être employé pour représenter le système du Longmynd.

Le *grand cercle de comparaison provisoire* adopté pour ce système est orienté au Binger-Loch, sur le Rhin, vers le N. 30° 15′ E.[2]. Ce grand cercle traverse obliquement la Suède, et passe à peu de distance des côtes septentrionales de la Finlande, sur le golfe de Bothnie. C'était une indication pour chercher le grand cercle de comparaison définitif du système parmi les *trapézoédriques* qui passent au point T de la Finlande[3].

[1] *Notice*, p. 113. — [2] *Notice*, p. 129. — [3] *Notice*, p. 1089.

Le *trapézoédrique* T*abc*, mené du point T de la Finlande à un point *a* situé au N.-O. de l'île de l'Ascension, fait avec le *primitif* de Saint-Kilda, qui représente le système du Thüringerwald, un angle de 82° 26′ 37″,97. D'après le tableau, page 853, de la *Notice*, l'angle Longmynd-Thüringerwald est de 84° 28′; mais, eu égard à la correction que nous avons eu à faire subir au *grand cercle de comparaison provisoire* du système du Thüringerwald, pour le faire coïncider avec le *primitif* de Saint-Kilda, cet angle doit être diminué de 1° 25′ 20″ environ, et réduit à 83° 2′ 40″. Il diffère de l'angle théorique de 0° 36′ 2″,03. Malgré le soin qu'a mis l'auteur de la *Notice sur les systèmes de montagnes* à déterminer la direction du système du *Longmynd*, il a annoncé, page 130, qu'il la croyait susceptible de rectifications ultérieures. Celle-ci serait loin de dépasser les prévisions, et le grand cercle auquel elle se rapporte ne les dépasse pas non plus sous le rapport de son éloignement transversal du *grand cercle de comparaison provisoire*, car il passe entre la Meuse et le Rhin, à une bien petite distance du Binger-Loch, vers l'O. Le *trapézoédrique* T*abc* peut donc être admis comme le représentant définitif du système du Longmynd.

Quant à ce système considéré en lui-même, à sa composition, à son âge relatif, l'adoption du nouveau grand cercle de comparaison ne conduit à rien changer à ce qui en a été dit dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, page 106 et autres (voir la table de l'ouvrage).

La direction du système du Longmynd diffère très-peu de celle du système des Alpes occidentales. Pour le *grand cercle de comparaison* du premier, on a $b = 18° 16' 35'',36$, et pour celui du second, $b = 19° 4' 17'',96$. Le premier s'approche donc un peu plus du pôle que le second, et à latitude égale il fait avec le méridien un angle un peu plus petit. Mais le *grand cercle de comparaison* du système des Alpes occidentales est placé en Europe à plusieurs degrés à l'E. de celui du système du Longmynd, et il en résulte que, si par un même point de l'Europe on mène des parallèles à ces deux

cercles, celle qui se rapporte au système des Alpes occidentales est plus rapprochée du méridien que celle qui se rapporte au système du Longmynd.

Ainsi, à Buxières-lez-Belmont (Haute-Marne), le système des Alpes occidentales est orienté au N. 26° 51′ 46″,59 E., et le système du Longmynd au N. 28° 50′ 4″,82[1]. C'est d'après cela que le *diamétral* D*c* du système des Alpes occidentales a dû être placé, dans le tableau des 183 intersections, avant le *trapézoédrique* T*abc* du système du Longmynd.

La différence d'orientation des deux systèmes, qui à Buxières dépasse à peine 2 degrés, et qui serait à peu près la même pour les autres points de la France, est très-peu considérable et serait difficile à constater avec certitude dans des observations isolées. Mais il ne résulte pas de là que l'un des deux cercles puisse être supprimé pour être remplacé par l'autre. Ils sont l'un et l'autre parfaitement jalonnés par les accidents orographiques et géologiques. Les deux systèmes sont d'âges très-différents, l'un étant au nombre des plus anciens et l'autre l'un des plus modernes de l'Europe; et les deux cercles participent à cette distinction, l'un traversant les Alpes occidentales où il est jalonné par des accidents géologiques d'origine très-moderne, et l'autre traversant les granites anciens du centre de la France, où il trouve des repères précis, de même que dans certains accidents de terrain plus modernes qui peuvent être supposés se rattacher à des accidents préexistants du sous-sol fondamental.

Bissecteur DH *(système du mont Seny).*

Le cercle placé au dix-septième rang dans le tableau des 183 intersections est le *bissecteur* DH, représentant du système du mont Seny, qui passe approximativement à l'île d'Alboran.

[1] Remarques sur les accidents stratigraphiques du département de la Haute-Marne. (*Comptes rendus*, t. LV, p. 80, séance du 14 juillet 1862.)

J'ai donné ci-dessus (page 202) une monographie de ce *bissecteur*, dans laquelle j'ai annoncé que je reviendrais sur la partie de son cours qui traverse la France et la Souabe. C'est ici le lieu de combler cette lacune,

Le *bissecteur* DH de l'île d'Alboran pénètre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté oriental. Traversant les plaines formées par le trias, où il coupe le Neckar entre Heilbronn et Wimpfen, il aborde le grès des Vosges qui forme la lisière des montagnes de la Forêt-Noire par les hauteurs que constitue cette formation au S.-E. de Wildbad. Il traverse la vallée de la Murg en rasant à l'aval le relèvement granitique qui l'accidente au-dessous de Baiersbronn, puis il suit exactement le côté O.-N.-O. de la crête de grès des Vosges, couronnée par le Hunds-Kopf (940 mètres) et le Nill-Kopf (903 mètres), qui s'élève entre les bains de Ripoldsau et Petersthal. Il coupe la Kinzig à Steinach, au confluent du Muhlesbach, et, remontant l'Unterthal, d'où sort ce dernier ruisseau, il s'adapte bientôt après au Brettenthal, et, passant au pied du Geisberg, il traverse, parallèlement à leurs crêtes les mieux dessinées, les montagnes de granite et de grès des Vosges qui s'élèvent entre la Kinzig et l'Elz. Il entre enfin dans la plaine du Rhin, à 2 kilomètres au S.-S.-E. d'Emmendingen, par l'intervalle que laissent entre elles deux parties disjointes de la ceinture de muschelkalk, après avoir parcouru dans la Forêt-Noire une étendue de 90 kilomètres, dans laquelle son cours est en parfaite harmonie avec la structure de ce groupe montagneux, à plusieurs traits duquel il s'adapte avec précision.

Dans la plaine du Rhin, notre cercle, passant d'abord au milieu de quelques lambeaux de calcaire jurassique, suit une direction parallèle au contour des montagnes granitiques de la partie méridionale de la Forêt-Noire, depuis Fribourg-en-Brisgau jusqu'à Sulzbourg et Muhlheim, c'est-à-dire jusqu'à l'angle obtus à partir duquel ce contour prend la direction du système du Rhin. Il coupe ensuite le cours du Rhin, les collines miocènes situées au S. de

Mulhouse et les dépôts pliocènes du Suntgau, et il aborde le Jura par le golfe dans lequel ces derniers dépôts s'introduisent jusqu'au voisinage de Porentruy.

Il traverse la Hale à 2 kilomètres au-dessous de cette ville, précisément à l'inflexion qu'elle éprouve en passant de l'étage corallien sur l'étage kimmeridien, et il va couper la chaîne du Lomont par la roche d'Or, élevée de 930 mètres, où il rencontre, comme on l'a déjà dit page 312, le *trapézoédrique* T*a*, représentant du système du Vercors.

Passant ensuite le Doubs, notre cercle pénètre sur le plateau portlandien de Maiche et du Russey, où il s'adapte avec beaucoup de précision à plusieurs des petits accidents orographiques et géologiques que la carte y figure. Il laisse le saut du Doubs à 2 kilomètres de distance dans l'E.-S.-E., coupe de nouveau cette rivière au-dessous de Morteau, sur une voûte portlandienne flanquée de deux dépôts néocomiens, et rencontre le *trapézoédrique* T*b* du système du Tatra, à l'E.-S.-E. de la Grand'Combe, sur un relèvement de l'étage oolithique inférieur qui semble s'arrêter instinctivement à la rencontre de ce dernier cercle.

De ce point notre cercle va rencontrer au N.-E. de Morez, sur la pente N.-O. de la chaîne du Rizoux, le *trapézoédrique* TI du système du mont Viso. Dans ce nouvel intervalle, il coupe obliquement la direction générale de la stratification des vallées longitudinales et des crêtes intermédiaires, direction qui se rapporte au système de la Côte-d'Or; mais il traverse plusieurs des crêtes dans des ouvertures qui semblent formées pour lui donner passage, telles que celles de l'Écrena et du Cernil, qui le conduisent dans la vallée des Verrières, celle du mont des Verrières, qui le conduit dans la vallée des Fourgs, celle qui le conduit des Fourgs dans la vallée de Métabief, aux Longuevilles et à la source du Doubs. Il est parallèle à certaines crêtes d'une direction anomale, mais très-accentuée, qui semblent se rattacher à ces ouvertures accidentelles, telles que la crête sur laquelle est bâti le fort de

Joux et celle qui forme au midi la prolongation de la première et qui borde le lac de Saint-Point, dont la direction est encore la même. Enfin, dans cette partie centrale du Jura, notre cercle passe dans le voisinage d'un grand nombre de bassins néocomiens, dont les contours compliqués se coordonnent, comme on le voit très-bien même sur le tableau d'assemblage, à deux directions principales, l'une, qui est la plus prononcée, coordonnée au système de la Côte-d'Or, et la seconde en importance parallèle à notre *bissecteur* DH.

Après avoir traversé le *trapézoédrique* TI du système du mont Viso et la zone d'accidents qui l'accompagne, ainsi qu'on l'a vu précédemment (page 278), notre cercle va couper un peu à l'O. de Bouchoux, l'*hexatétraédrique* H*aa*, et ensuite, au S.-O. de Saint-Rambert, dans le fond et dans un coude très-prononcé de la vallée de l'Albarine, le *trapézoédrique* TT*bbc* de l'Hécla.

Dans cette seconde partie du Jura, ainsi qu'on l'a déjà remarqué, les allures de la stratification changent considérablement, et notre cercle se trouve maintenant en lutte d'influence avec la direction (N. 7° à 8° E.) du système du Vercors, avec la direction presque N.-S. de l'*hexatétraédrique* H*aa* et la direction N. 26° à 27° E. du système des Alpes occidentales. Les complications résultant de ce conflit n'empêchent pas qu'un certain nombre de traits orographiques et géologiques soient parallèles à notre cercle. On peut citer, entre autres, la longue vallée de soulèvement qui passe entre Sept-Moncel et Saint-Claude et la vallée de plissement située entre Belleydoux et le lac Genin. Plusieurs autres vallées et certaines crêtes lui sont également parallèles. On peut remarquer encore, comme une coïncidence très-précise, qu'il traverse la grande vallée de déchirement de Nantua, précisément au coude qu'elle présente entre les deux lacs qui lui donnent un caractère tout spécial.

Le *bissecteur* DH sort du Jura un peu au S.-O. de Saint-Rambert, pour s'adapter à la direction particulière que prend le Rhône au-dessous de Saint-Sorlin. Il coupe, sur le bord même du fleuve,

entre Saint-Vulbas et Hières, le *trapézoédrique* Tl*a* du système du Morbihan, et, côtoyant l'escarpement jurassique qui renferme les grottes de la Balme, ainsi que la lisière de mollasse miocène qui en borde le pied, il traverse la protubérance de roches primitives sur laquelle s'appuie le terrain jurassique au N. de la Verpillière, et coupe au S.-O. de cette ville la pointe extrême de la protubérance jurassique qui contient les mines de fer concédées.

Traversant ensuite les dépôts pliocènes à lignites des plaines dauphinoises, il va passer le Rhône à 1 kilomètre au-dessous du pont de Serrières, dans une inflexion où il rencontre à peu près perpendiculairement le cours du fleuve.

Abordant alors les granites du Forez, il passe à 2 kilomètres à l'E.-S.-E. d'Annonay, coupe la Dieume au confluent de l'Alignon, le Doux à la rencontre de l'un de ses affluents, et traverse l'Égrieux à la porte de Saint-Martin-de-Valamas, dans une inflexion très-prononcée comprise entre deux confluents rapprochés. Bientôt après il rencontre, comme on l'a dit précédemment, page 294, au pied occidental de la montagne granitique de la Baricaude, située au midi de Sagnes, le *diamétral* D*ac* du système du Forez; mais, quoique dans cette partie il rase le pied S.-E. du Mézenc, il évite presque complétement les roches volcaniques et ne touche que deux petits lambeaux basaltiques.

Notre cercle, s'engageant de plus en plus dans les régions montagneuses où il s'adapte toujours à des accidents de détail dont l'énumération serait trop longue, va effleurer vers l'E. la masse de granite porphyroïde à gros grains de la Lozère, où il passe près de la source du Tarn, en laissant à 1 kilomètre environ dans l'O.-N.-O. la cime culminante, le roc de Malpertus, élevé de 1,679 mètres.

Au pied oriental de la Lozère, il laisse dans le S.-S.-E. plusieurs mines importantes de plomb argentifère, celles de Villefort à 3 kilomètres, celles de Vialas à 8 kilomètres, et quelques autres, ainsi que des mines d'antimoine, à des distances plus ou moins

grandes. Coupant ensuite les pointes orientales extrêmes des plateaux calcaires de l'Aveyron en même temps que les premiers affluents des Gardons, il suit très-approximativement la crête des Cévennes, où il s'adapte au noyau fondamental de granite porphyroïde, en laissant à 2 kilomètres dans l'E.-S.-E. la cime culminante, l'Hort-de-Dieu, élevé de 1,564 mètres.

Continuant son cours au S.-S.-O., notre *bissecteur* DH coupe encore, par une de ses principales sommités, la zone de granites porphyroïdes qui passe au N. du Vigan, et il sort enfin des terrains anciens des Cévennes en s'adaptant avec précision, au N.-O. d'Alzon, à la limite respective du granite et du schiste.

Traversant ensuite le détroit terrestre par lequel les terrains jurassiques de l'Aveyron se lient à ceux du département de l'Hérault, il y franchit le cours supérieur de cette rivière à l'O. de Luc, dans l'une de ses principales inflexions. Après avoir coupé le petit plateau basaltique sur lequel s'élève la tour de Pertus, il rentre dans les terrains anciens pour couper la rivière d'Orb à un confluent situé au point où elle entre dans un relèvement granitique dont notre cercle touche le contour.

Ce même cercle, après avoir coupé l'angle S.-E. du terrain houiller de Graissessac, traverse entre deux masses granitiques une portion de terrain schisteux, où il coupe la Mare avec précision, dans un confluent où cette rivière et son affluent se contournent fortement. Il traverse enfin la zone de lias de Bédarieux en s'adaptant à l'une des principales inflexions de son contour, et rentre encore, près des limites d'une masse granitique, sur le terrain schisteux où il s'harmonise avec l'orographie. Après avoir trouvé ainsi des repères précis dans un labyrinthe compliqué, dont la description exigerait presque un mémoire, il va enfin passer au sommet de la montagne schisteuse située au N.-N.-O. de Saint-Chinian, où il rencontre simultanément l'*hexatétraédrique* H*baab* de Nontron et l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a*.

Dans la plaine tertiaire où il entre immédiatement après, notre

bissecteur traverse l'Aude à l'une de ses principales inflexions, et, abordant les Corbières à Moux, il va couper au S.-O. de la Grasse, sur l'une de leurs principales sommités, le *trapézoédrique* T*b* du système de la Vendée.

Se dirigeant enfin vers les Pyrénées, il y entre en s'adaptant d'une manière précise aux contours compliqués que présentent, près de Puylaurens, les limites du granite et du terrain crétacé inférieur. Il s'adapte aussi à la haute vallée de la Guelte, passe à la pointe des terrains schisteux qui s'étendent vers la vallée d'Andorre, et, franchissant enfin la crête granitique de la frontière, près de la source de l'Aude, il descend en Espagne à Livia. Il y passe au point de concours de quatre torrents qui, prenant naissance sur les terrains anciens, convergent vers le centre du bassin de lignites modernes auquel cette ville donne son nom.

Continuant son cours en Espagne, où il coupe à l'O. de Berga le *diagonal* I*b* du système du mont Serrat, notre cercle pénètre bientôt dans les parties de la Catalogne où M. Vézian a découvert, comme on l'a vu aux pages 1 et 2 de ce Rapport, le type fondamental du système du mont Seny, qu'il a associé dès l'abord à notre *bissecteur* DH [1].

Nous avons remarqué, page 207, que ce cercle rencontre, dans les parties du globe extérieures à la France dont la topographie est bien connue, des points de repère très-précis. Cette remarque, d'après ce qui précède, s'applique encore mieux à la France elle-même. Nous disions aussi que, si le *bissecteur* était légèrement écarté de ces repères par un petit mouvement imprimé à tout le réseau pentagonal, il ne trouverait pas de points également remarquables pour les remplacer, et serait réduit à des banalités sans caractère.

Il en serait de même en France si on l'écartait des cimes de la roche d'Or, de la Lozère, des Cévennes et de beaucoup

[1] *Comptes rendus*, t. XLIII, p. 752, séance du 20 octobre 1856.

d'autres points que nous avons cités, et on peut dire qu'il a été jalonné par la nature avec une rigueur toute particulière, qui ne lui permettra, lors de la fixation définitive du réseau, que de très-légers mouvements.

Diamétral D*ac* (*système de la Côte-d'Or*).

Le cercle placé au dix-huitième rang dans le tableau des 183 intersections est le *diamétral* D*ac* du système de la Côte-d'Or.

Ce grand cercle est assujetti à passer par le point D, centre du pentagone européen près de Remda, et par le point *a* situé en Chine, près du golfe de Pe-tche-ly, ce qui l'oblige à passer en outre par le point *c* situé dans la Russie européenne, au N.-E. de Viatka. Il a pour pôles les intersections communes du *dodécaédrique régulier* du cap Corrientes et de Singapour avec le *bissecteur* IH et le *trapézoédrique* TI, auxquels les points *a* et *c* appartiennent comme pôles. Ces intersections, figurées dans le tracé de M. Laugel, tombent l'un dans l'océan Pacifique, au S.-O. de la Californie, et l'autre dans le midi de l'océan Indien, au S.-E. de l'île de Juan-de-Lisboa.

Notre *diamétral* D*ac* entre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté oriental, et il coupe le Mein un peu au-dessous de la ville de Miltenberg, qu'il laisse à 6 kilomètres dans le S.-O. Il rase bientôt après l'extrémité méridionale de l'Odenwald, en suivant la bande de grès rouge qui y est adossée et en tronquant légèrement à ses deux extrémités des pointes de granite et de porphyre quartzifère.

Il coupe le Rhin à Spire, en passant du côté du N.-O. à l'entrée même de la ville, et il entre en France aux portes de Weissembourg, en traversant la Lauter à Willer, à l'issue de la longue et pittoresque vallée qu'elle parcourt dans le grès des Vosges et presque au contact de la masse de schiste traversée par des colonnes de syénite sur laquelle reposent les derniers escarpements de grès.

Il s'adapte à la saillie que forment les basses Vosges dans la plaine du Rhin avec la même précision qu'à l'extrémité de l'Odenwald, et il suit la crête avancée de grès des Vosges du Liebfrauenberg, au pied de laquelle se trouvent le gîte de lignite de Lobsann et la source de bitume de Bechelbronn. Il passe exactement au pied du petit mamelon qui forme le couronnement du Liebfrauenberg et qui atteint la hauteur de 516 mètres.

Coupant le Surbach à Wœrth et la Zinzel un peu au-dessous du confluent du Schwarzbach, il laisse à 1 kilomètre au N.-O. le petit mamelon basaltique de Gundershofen, et, parcourant la surface peu accidentée des terrains jurassiques et triasiques du Bas-Rhin, il entre, au midi de Saverne, dans les Vosges proprement dites.

Sur la crête des montagnes de grès des Vosges, il coupe le *trapézoédrique* T*a* du système du Vercors à l'E. de Reinhardmünster, au pied occidental des rochers qui portent le signal géodésique du Geisfels, élevé de 572 mètres. Continuant son cours sur le plateau incliné que constitue le grès des Vosges jusqu'à la Meurthe et au delà, il coupe cette rivière précisément au point où, dans le fond de sa vallée, le grès rouge s'enfonce sous le grès des Vosges, à 1 kilomètre au-dessous de Raon-l'Étape. Plus loin, il coupe la vallée de la Moselle à la porte d'Épinal et à 1 kilomètre environ du point où, dans le fond de la vallée, le grès des Vosges se perd de même sous le grès bigarré.

Ce grand cercle effleure, avec une égale délicatesse, l'Odenwald, les basses Vosges et les Vosges proprement dites, ce qui constitue de sa part un mode spécial d'adaptation à la structure des contrées rhénanes.

Parcourant ensuite la surface peu accidentée des plateaux triasiques, il coupe la Saône à Corre, en s'adaptant à une petite section de son cours dont il côtoie parallèlement une section plus étendue, et il va, sur les collines jurassiques voisines de Noroy-les-Jussey, couper à Saint-Marcel, en un point déjà mentionné page 301, l'*hexatétraédrique* H*aa* et le *trapézoédrique* T*c* du système du Hundsrück.

Poursuivant son cours au milieu des accidents stratigraphiques compliqués de la zone méridionale du département de la Haute-Marne, où sa marche ne pourrait être suivie que sur la carte géologique détaillée, il va couper la vallée du Saulon dans une de ses courbes, à l'entrée de la ville de Champlitte, et la vallée de la Vingeane à 2 kilomètres au N.-O. de Montigny, point où il rencontre le *trapézoédrique* TI du système du mont Viso.

Rasant alors le contour extérieur de l'ancien lac de la Bresse, notre cercle va passer à l'entrée N.-O. (et non S.-E.) de la ville de Dijon, où il coupe la Suzon et l'Ouche exactement à leur confluent. Il aborde alors le massif central de la Côte-d'Or par le cap où il se termine sur la rive droite de l'Ouche, en face de Dijon, et il le traverse parallèlement à la direction de l'une des séries d'accidents stratigraphiques qui s'y dessinent le plus fortement. Il rase le pied de la proéminence corallienne élevée de 591 mètres qui en forme le point culminant. Au pied S.-O. de la Côte-d'Or, il coupe de nouveau l'Ouche un peu au-dessous de Bligny, en un point peu éloigné de sa source et très-voisin de celui où elle reçoit les eaux de l'Auneau, qui se recourbe et semble revenir sur lui-même à l'approche de notre cercle.

Ce dernier entre ensuite sur le plateau de calcaire à gryphées arquées qu'il traverse pour pénétrer dans la contrée d'une structure compliquée dont il a été question précédemment, page 269. Il y coupe une petite proéminence granitique entourée par les marnes irisées, et il y rencontre le *trapézoédrique* TT*bbc* de l'Hécla en un point situé sur la surface de la masse de porphyre quartzifère qui resserre le terrain houiller d'Épinac.

Au delà de ce lambeau de terrain houiller, notre cercle passe sur des surfaces peu étendues de marnes irisées et de grès infraliasique, et, entrant, à Auxy, sur le massif granitique qui s'étend d'Autun à la Loire et dont il suit la direction, il y rencontre à la Chapelle le *trapézoédrique* T*b* du système du Tatra, et au sud d'Issy-l'Évêque le *trapézoédrique* TI*a* du système du Morbihan.

Traversant enfin un lambeau de terrain schisteux dont il côtoie la crête, notre cercle passe la Loire précisément au point où s'ouvre un défilé par lequel elle y pénètre. Cette rivière en détache l'extrémité et se porte ensuite vers le N. en suivant le contour occidental des schistes dont elle semble ne s'éloigner qu'à regret, ne devant plus rencontrer de roches anciennes jusqu'aux environs d'Angers.

L'extrémité du terrain schisteux détachée par la Loire et sur laquelle est bâti le village de Diou, que notre cercle laisse à 1 kilomètre environ dans le N.-O., est un véritable cap que forment les terrains anciens dans la plaine miocène de l'Allier. Le *diamétral* D*ac* s'adapte ici à la fois et avec une égale précision à deux traits orographiques qui auraient pu être séparés, à un cap et à l'entrée d'une rivière dans un défilé. Cette circonstance donne pour ainsi dire une valeur double à une adaptation qui n'a, au premier abord, rien de frappant, parce que le schiste ne forme ici aucune proéminence considérable.

Notre cercle traverse ensuite les plaines tertiaires de l'Allier, où il rencontre, dans un point déjà mentionné ci-dessus, page 293, près de Jaligny, son homologue le *diamétral* D*ac* du système du Forez. Avant d'atteindre le point d'intersection, il coupe la Bèbre à Vaumas, où il rase à 2 kilomètres de distance le relèvement granitique qui fait suite au terrain houiller de Montcombroux et qui n'est autre chose que l'extrémité septentrionale et pour ainsi dire le cap terminal du Forez, par rapport auquel il se conduit, à peu de chose près, comme par rapport à l'Odenwald.

Traversant l'Allier un peu au-dessus de Varennes, notre cercle s'adapte dans un certain intervalle au cours de la Sioule, et c'est par le débouché même de sa vallée, flanquée de granite des deux côtés, qu'il entre, au N. de Gannat, dans le massif central de la France.

On remarquera la simplicité avec laquelle notre cercle s'adapte au bassin de l'ancien lac miocène de l'Allier : il y entre à Diou par

un cap remarquable, il en sort par une embouchure de rivière placée elle-même dans un cap, et il rase dans l'intervalle la pointe extrême du massif montagneux qui, dès l'époque miocène, séparait les deux branches méridionales du lac.

Comme je viens de le dire, la vallée de la Sioule, semblable à certains ports de mer, débouche dans l'ancien lac miocène entre deux musoirs granitiques dont la réunion y forme un cap. S'adaptant plus particulièrement au côté S.-E. du chenal, où le granite est soulevé par le porphyre quartzifère, notre cercle s'introduit définitivement dans le terrain primitif à la courbure que forme la vallée à Bègues, au-dessous d'Ébreuil; puis, remontant la vallée de la Cigogne et côtoyant celle de la Morge, il arrive bientôt, au S.-E. de Pontaumur, au point déjà cité, où il coupe le *trapézoédrique* T*abc* du système du Longmynd.

Il rase ensuite le pied de la proéminence basaltique sur laquelle est bâtie la ville d'Herment. Il la laisse au N.-O. de même que quelques autres mamelons basaltiques; mais, sauf ces exceptions peu importantes, il laisse au S.-E. tous les terrains volcaniques de l'Auvergne dont il marque à peu près la limite, comme le fait, dans une direction un peu différente, le *trapézoédrique* T*abc*.

Poursuivant son cours sur les terrains de granite et de gneiss, il coupe trois petites rivières, le Chavanoux, la Mioussette et la Faix, à peu de distance du point où elles confondent leurs eaux, au-dessous de la Roche. Laissant au N.-O. les monts Jarjeau et passant à 2 kilomètres au N.-O. d'Ussel, il s'adapte, d'Eygurande à Égletons et au delà, sur 50 kilomètres de longueur, à la grande route de Clermont à Tulle, dont la direction, peut-être fort ancienne, a sans doute été déterminée par l'absence sur cette ligne de tout obstacle naturel. Dans les parties du département de la Corrèze que traverse notre cercle, il suit une ligne parallèle à la direction générale de la vallée de cette rivière et même d'une portion de celle de la Dordogne, et il sort des petits accidents monotones des terrains primitifs pour traverser le terrain houiller de Brives et aller

passer, sur le plateau du lias, dans l'enceinte de la petite ville de Turenne.

Au S.-O. de Turenne, le *diamétral* D*ac* rencontre, en des points déjà cités, d'abord, sur le terrain jurassique, le *trapézoédrique* T*b* du système de la Vendée, puis, sur le terrain crétacé inférieur, l'*hexatétraédrique* H*baab* de Nontron. Il s'engage ensuite, jusqu'aux rives de l'Adour, dans le grand bassin de la Gascogne, où, sur des terrains horizontaux, on ne trouve à remarquer que son adaptation à certains accidents des cours d'eau et aux positions de certaines villes.

Ainsi il traverse la Dordogne dans la courbure que sa vallée présente au-dessus de Carsac et où elle reçoit un petit affluent. Il s'adapte, à Laurenque, à l'inflexion du cours d'eau qui tourne vers Monflanquin; il coupe la vallée du Lot à 2 kilomètres au-dessous du cap sur lequel s'appuie la ville de Villeneuve-sur-Lot, puis la Garonne à 3 kilomètres au-dessus de Port-Sainte-Marie, où elle reçoit deux petites rivières, et enfin la Baïse à 2 kilomètres au-dessous de Nérac. Remontant la vallée de la Gelise, qui contourne le plateau des Landes, il y passe à deux confluents de cette rivière, l'un avec la Losse et l'autre avec l'Izaute. Plus loin, il passe au pied de la proéminence sur laquelle s'élève le Houga et de laquelle divergent les sources de plusieurs petits cours d'eau, puis il traverse l'Adour à Aire.

Au S.-O. d'Aire, à l'extrémité orientale de la Chalosse, notre cercle rencontre le *diagonal* I*b* du système du mont Serrat. Il coupe ensuite à angle droit les Gaves et autres torrents qui descendent presque en ligne droite des Pyrénées vers l'Adour, et il passe, à Navarrenx, le dernier de tous, le gave d'Oloron.

Il entre ensuite dans les Pyrénées, où il traverse Mauléon, dont il remonte la vallée, et, passant à la cime d'une montagne déjà considérable de terrain crétacé inférieur, il coupe à son pied méridional l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a*.

S'élevant alors sur les flancs de la chaîne centrale, il franchit

la ligne de partage des eaux entre l'Adour et l'Èbre, au milieu des cimes élevées de schiste et de grès bigarré qui forment la crête des Pyrénées, et il descend en Espagne presque rigoureusement au point de convergence de plusieurs grands torrents qui réunissent leurs eaux pour former l'un des principaux affluents de la rivière d'Aragon.

Suivant ensuite le contre-fort qui va expirer au bord de l'Ebre, à Andozilla, il coupe, à 2 kilomètres avant d'atteindre cette ville, l'*octaédrique* du mont Sinaï, représentant du système des Pyrénées.

Traversant l'Èbre un peu au-dessus de Calahora, il passe dans les montagnes de terrain crétacé inférieur d'où sort le Rio Cidacos, et, après avoir coupé deux fois le Douro, au-dessus et au-dessous de Soria, il se dirige vers la sierra Guadarama, où il coupe, entre Ségovie et Madrid l'*octaédrique* du Mulehacen.

Il sort de la péninsule ibérique au pied oriental du massif montagneux des Algarves, traverse les îles Canaries en coupant la partie occidentale de l'île de Palma, puis les îles du Cap-Vert, où, comme le font d'autres cercles pour les Açores et pour les îles Sandwich, il suit le canal qui divise l'archipel en deux groupes. Les îles de Saint-Nicholas, Sainte-Lucie, Saint-Vincent, Saint-Antoine, restent à l'O., tandis que celles de Sal, Bonavista, Mayo, Santiago, l'île de Fogo, volcan actif parfaitement décrit par M. Charles Sainte-Claire Deville[1], et l'île Brava qui l'avoisine, restent à l'E. Il laisse à 18 kilomètres dans l'O.-N.-O. la pointe orientale de Saint-Nicholas, et à 9 kilomètres seulement à l'E.-S.-E. les derniers écueils de Brava, s'adaptant ainsi, avec une certaine tendance vers le foyer volcanique, à un passage qui lui présente une ouverture de moins de sept lieues.

Il atteint enfin les côtes de l'Amérique méridionale un peu à l'O. du cap Roque, et suit à peu près la direction générale du littoral du Brésil.

[1] *Comptes rendus*, t. XXII, p. 1129, séance du 29 juin 1846, et *Voyage aux Antilles*.

Du côté opposé, après avoir rasé la courbure très-prononcée que forme le Mein au-dessous de Wurtzburg et avoir remonté la vallée de la Saale qui y verse ses eaux, il coupe, près de Ginli, un relèvement local de zechstein, en rasant une petite protubérance granitique qui en forme le noyau, et, passant au N. de Schleusingen, il aborde le Thüringerwald en effleurant la protubérance porphyrique de Breitenbach. Dans l'intérieur de ce massif montagneux, d'après la belle carte déjà citée plus d'une fois de M. Bernard Cotta, il s'adapte avec une netteté particulière au lambeau schisteux qui s'y trouve enveloppé au S. du Dreiherrenstein et aux petites masses de granite qui le pénètrent. Sortant enfin des porphyres par la convexité légère que forme leur contour près de Jesuborn, il atteint bientôt, près de Remda, le point D, centre du pentagone européen, où il est assujetti à passer.

Continuant ensuite son cours sur le plateau de muschelkalk, il passe à Jena, où il s'adapte dans une certaine étendue au cours de la Saale, et, traversant la plaine tertiaire, il va passer à 2 kilomètres au S.-E. de Leipzig. Dans les plaines de la Prusse, il coupe l'Elbe à Torgau, l'Oder à Francfort, et, passant un peu au S. de Kœnigsberg, il franchit le Niémen approximativement à Tilsit.

Dans le N. de la Russie, il arrive au point *c* situé au N.-E. de Viatka en suivant la ligne de partage des eaux entre le Volga et la Dwina; puis il coupe l'Oural septentrional au N. de Nijney-Tagilsk, et l'Irtish à l'une des grandes inflexions qu'il présente avant de se joindre à l'Obi. Il rase le pied septentrional de l'Altaï, et, passant au point *a* situé sur les rives méridionales du golfe de Pe-tche-ly, il sort du continent asiatique par le massif montueux du cap Tchin-Shan.

La monographie de ce cercle mériterait d'être faite d'une manière complète, mais ce qui précède suffit pour montrer qu'il est bien appuyé sur les accidents orographiques et géologiques. En France, il est jalonné, dans beaucoup de parties, avec une précision particulière, et son cours est assez bien en rapport avec les parties

du terrain jurassique qui paraissent avoir été à sec pendant le dépôt des terrains crétacés.

Il s'agit maintenant d'examiner s'il remplit les conditions de position et d'orientation nécessaires pour qu'on puisse l'adopter comme *grand cercle de comparaison* du système de la Côte-d'Or.

Le *grand cercle de comparaison provisoire* du système de la Côte-d'Or, orienté à Dijon vers l'E. 40° N.[1], passe extrêmement près de Remda. C'est donc un de ceux dont il est naturel de chercher le représentant parmi les cercles du réseau pentagonal qui se coupent au centre du pentagone.

Le *grand cercle de comparaison provisoire* du système de la Côte-d'Or fait, avec celui du système du Ténare, d'après le tableau de la page 854 de la *Notice sur les systèmes de montagnes*, un angle de 67° 49′ 58″. On ne pourrait le rapporter au *primitif* de Lisbonne qu'en admettant une différence de 4° 10′ 2″; mais un *diamétral* D*ac*, exactement homologue de celui qui a été adopté pour le système du Forez, fournit un représentant plus rapproché de l'orientation donnée par l'observation[2]. Ce cercle auxiliaire, qui va du point D, près de Remda, à un point *a* situé en Chine, près du golfe de Pe-tche-ly, fait avec le *grand cercle de comparaison du système du Ténare* un angle de 65° 21′ 16″ 66. Il s'écarte par conséquent du *grand cercle de comparaison provisoire* du système de la Côte-d'Or de 2° 28′ 41″ 34 seulement.

Dans ce cas-ci, on peut ne pas attacher une grande importance à une différence de 2° 1/2. On a indiqué, page 204 de la *Notice*, pour le système de la Côte-d'Or, l'orientation N.-E.-S.-O. ou E. 40° N., ce qui laisse une incertitude de 5°. Dans ses premières publications, l'auteur avait en effet indiqué pour le système de la Côte-d'Or une direction N.-E.; mais, peu de temps après, il avait trouvé que la direction s'écartait un peu moins de la ligne E.-O., et il l'avait réduite, en nombre rond, pour Dijon, à E. 40° N.

[1] *Notice*, p. 415. — [2] *Notice*, p. 1066.

C'est d'après cette direction réduite que le tableau page 854 de la *Notice* a été calculé; or, en supprimant de prime abord 5°, l'auteur a peut-être poussé la réduction trop loin, et un grand cercle qui correspond très-sensiblement à la moyenne de ses deux indications successives peut bien représenter la direction véritable.

Relativement à la position, le *grand cercle de comparaison provisoire* passe à Dijon, et, comme le *diamétral* D*ac* y passe aussi, il y a entre eux, à cet égard, un accord complet. Le *diamétral* D*ac* forme donc un *grand cercle de comparaison* très-convenable pour le système de la Côte-d'Or.

Quant au système de la Côte-d'Or considéré en lui-même, à son âge relatif, aux chaînons de montagnes dont il se compose, rien dans ce qui précède ne conduit à modifier ce qui en a été dit dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, page 403 et ailleurs. (Voir à la table de l'ouvrage.)

Primitif de Lisbonne.

Le cercle placé au dix-neuvième rang dans le tableau des 183 intersections est le *primitif* de Lisbonne.

Une monographie assez étendue de ce grand cercle a été donnée dans le cours du présent Rapport, page 141, mais il y a été dit, page 142, qu'on reviendrait plus tard sur le degré de précision avec lequel il s'adapte aux accidents orographiques et géologiques de la France et d'une partie de l'Allemagne, c'est-à-dire à ceux qui sont compris dans le cadre de la carte géologique de la France. Le moment est arrivé de combler cette lacune.

Le *primitif* de Lisbonne, suivi dans l'ordre suivant lequel les intersections sont inscrites dans le tableau, pénètre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté oriental. Il coupe le Mein au-dessus d'Aschaffenburg, en effleurant le massif de roches primitives auquel cette ville est adossée. Il rase ensuite la pointe N.-E. des roches primitives de l'Odenwald, et il y entre près de

Gross-Umstadt, en passant entre deux petites masses de porphyre quartzifère. Plus loin, à l'E. de Rheinheim, il rencontre trois mamelons basaltiques, et il traverse celui du milieu. Il sort enfin de l'Odenwald à Zwingenberg, en rasant, à 1 kilomètre environ de distance, le contour de la masse proéminente de syénite qui s'élève au S.-S.-E. de Darmstadt.

Il franchit le Rhin à 3 kilomètres au S.-E. de Worms, et il traverse les montagnes de grès des Vosges de la Hardt (basses Vosges), où il s'adapte à différents accidents des cours d'eau dont je supprime le détail.

Il en sort par le sommet de l'expansion que présentent vers le N.-E. les contours du grès bigarré et du muschelkalk, et passe à Neuhornbach, où son intersection avec le *trapézoédrique* T*a* du système du Vercors tombe sur le bord de la Schweygen, très-près de son confluent avec le Hornbach. Plus loin, il entre dans les marnes irisées par la pointe que forme leur limite au sud de Bliesbrück; il coupe la Sarre dans l'inflexion prononcée qu'elle éprouve au-dessous de Diding, et, remontant son cours à petite distance, il laisse à 3 kilomètres au S.-E. la source salée de Salzbronn, près de Sarre-Albe.

Suivant ensuite les plateaux de calcaire à gryphées arquées situés au N.-O. de Dieuze, entre la grande et la petite Seille, il va passer, entre Vic et Château-Salins, au confluent de ces deux rivières.

Il trace ainsi très-exactement, sur une longueur de 120 kilomètres, l'axe synclinal de la pointe en forme de proue de bateau, dirigée au N.-E., que présente le terrain triasique de la Lorraine, et il en traverse la partie caractéristique, la région salifère de Dieuze, Vic et Château-Salins. Il représente aussi la corde de la courbe décrite par la ligne de navigation de la Seille, du canal des Salines et de la Sarre.

Le confluent des deux Seilles, où passe le *primitif* de Lisbonne, est peu éloigné du point où les marnes irisées s'enfoncent

et disparaissent sous le lias. Ce grand cercle va ensuite couper la Meurthe près de la Neuville-devant-Nancy, au confluent du ruisseau de Frahaux, qui est placé lui-même à la limite des marnes irisées. Il coupe enfin la Moselle à son confluent avec le Madon, près de Pont-Saint-Vincent, où sa vallée sort du calcaire à gryphées arquées et s'enfonce profondément dans les plateaux de l'étage oolithique inférieur, et il poursuit lui-même son cours sur ces plateaux pour couper à Autreville, au S.-O. de Colombey, l'*hexatétraédrique* H*aa*.

De la Moselle au Cher, le *primitif* de Lisbonne parcourt, sur la surface du plateau formé par l'étage oolithique inférieur, une route singulièrement uniforme. Il suit le contour légèrement sinueux des coteaux de l'étage oolithique moyen, dont il coupe les saillies, et il traverse toutes les rivières à une distance variable, mais généralement assez petite, du point où on cesse de voir paraître sur leurs bords l'étage oolithique inférieur, qui, par l'effet naturel d'une inclinaison légère vers le N.-O., s'enfonce et disparaît au-dessous de l'étage oolithique moyen.

Ce grand cercle coupe d'abord la Vair dans l'inflexion qu'elle éprouve au pied du coteau corallien de Saint-Julien, où le signal de Moncel atteint l'altitude de 458 mètres. Immédiatement après il coupe la Meuse à Coussey, au confluent du ruisseau de la Saonelle, et les deux rivières la Vair et la Meuse vont confondre leurs eaux près de Domremy-la-Pucelle, à 4 kilomètres au N.-O. de notre cercle et tout près du point où l'étage oolithique inférieur disparaît.

Entre Saint-Blain et Andelot, il rencontre, dans les inflexions que leur font subir certains tertres oxfordiens et coralliens, trois ruisseaux qui se réunissent à 4 kilomètres dans le N.-O., au point où disparaît de même l'étage oolithique inférieur.

Ce même cercle coupe la Marne à Candes, un peu au-dessous de Chaumont, dans la courbure très-prononcée que présente sa vallée immédiatement au-dessous du confluent de la Suize. Cette

coïncidence est d'autant plus remarquable que les deux rivières sont profondément encaissées dans des vallées de l'étage oolithique inférieur, car, malgré tous les adoucissements auxquels l'art des ingénieurs a pu recourir, le chemin de fer de Mulhouse n'a pu traverser la Suize à Chaumont que sur un viaduc monumental. Sur les coteaux de la rive gauche, notre cercle coupe le *trapézoédrique* TI du système du mont Viso à Villiers-le-Sec, au pied de la côte d'Alun couronnée par l'étage corallien.

Enfin il coupe l'Aujon à Château-Villain, l'Aubette près de Montigny et l'Ource à Brion, toujours très-près du point où l'étage oolithique inférieur cesse de former leur lit.

Ici les coteaux de l'étage oolithique moyen s'éloignent un peu, mais notre cercle, après avoir traversé la vallée de la Seine dans la courbure qu'elle présente au-dessous de Châtillon-sur-Seine et l'Armançon à Cry, va encore raser au-dessous de Sarry les coteaux de l'étage oolithique moyen. Il arrive ainsi au point déjà cité près de l'Isle, pages 268 et 339, où il coupe simultanément le *trapézoédrique* TT*bbc* de l'Hécla et le *trapézoédrique* T*abc* du système du Longmynd.

On a déjà vu comment les deux derniers cercles s'adaptent au Morvan. Le *primitif* de Lisbonne représente le front N.-O. de ce groupe montagneux et de ses appendices. Il s'adapte à sa pointe extrême en coupant, dans la vallée du Cousin, au-dessous de Pont-Aubert, sa ceinture d'arkose et de calcaire à gryphées, devenue très-étroite, à 1 kilomètre du point où le granite cesse d'être visible à la surface : on peut admettre qu'il est tangent au contour souterrain de cette roche.

C'est par une exception isolée, due à l'influence du Morvan, que notre cercle atteint ici le lias et s'approche du granite. Il reprend immédiatement son cours sur le plateau de l'étage oolithique inférieur, où sont creusées les vallées de la Cure, de l'Yonne et du Beuvron, qu'il traverse successivement.

Mais bientôt les coteaux de l'étage oolithique moyen, qui s'étaient

éloignés aux approches du Morvan, reviennent vers notre cercle et même le dépassent, et c'est dans cet étage de terrain qu'est creusée la vallée de la Nièvre, au point déjà indiqué pages 251 et 293, où, près de Beaumont-la-Ferrière, le *primitif* de Lisbonne coupe simultanément le *trapézoédrique* Tl*a* du système du Morvan et le *diamétral* D*ac* du système du Forez.

Cheminant toujours sur le terrain jurassique, recouvert maintenant çà et là de lambeaux peu épais de terrain tertiaire miocène, notre cercle va couper la Loire près de Germigny, à 2 kilomètres au-dessous du confluent de l'Aubois et à peu de distance du point où, sur sa rive gauche, l'étage oolithique inférieur disparaît pour faire place à l'étage moyen. Il traverse ensuite les plaines peu accidentées du département du Cher et va couper cette rivière un peu au-dessous de la Celle-Bruère, à moins d'un kilomètre du confluent de l'Yvernet.

Plus loin, passant au pied de la colline de Morlac, l'un des sommets de la grande triangulation de la méridienne, élevée de 229 mètres et formée par l'étage oolithique inférieur, il va, dans une vallée ouverte dans le lias, couper l'Arnon à son confluent avec le ruisseau du Portefeuille. Il traverse ensuite une surface occupée en partie par les marnes irisées, où il effleure au S.-O. de la Châtre un dernier plateau d'oolithe inférieure, et il aborde les roches primitives du Limousin par l'entrée de la vallée de la Couarde, au S.-E. de Chassignoles (Indre).

Il suit presque exactement jusqu'à Aigurande, qu'il laisse à 1 kilomètre au S.-E., la limite du granite ordinaire et du gneiss, et il côtoie parallèlement à son axe une masse de granite porphyroïde à gros grains. Bientôt après il passe à Presselines, village bâti tout près du confluent des deux branches de la Creuse, et ensuite à la Fat, autre village bâti très-près aussi du confluent de la Brezantine et de la Cazine.

A l'ouest de la Souterraine, il entre sur un massif de granite porphyroïde à gros grains, où il passe à un point culminant ar-

rondi sur lequel cinq grandes routes se réunissent, ce qui dénote une position centrale et dominante, et, avant de rentrer sur le granite ordinaire, il coupe la Gartempe tout près de son confluent avec la Couze.

Revenant bientôt après sur le granite porphyroïde à gros grains, il laisse au S.-E., à 2 kilomètres de distance, la localité de Vaulry, célèbre par l'exploitation de mine d'étain qui y a été entreprise, et à peu de distance de là il passe au pied S.-E. de la montagne de Peyrelade, élevée de 492 mètres, où, comme on l'a vu précédemment, p. 286, il coupe le *trapézoédrique* T*b* du système de la Vendée.

De ce point à la Vienne, qu'il passe au-dessus de Chabannais, il suit une crête granitique assez prononcée, et, sortant du massif central de roches primitives au midi de Montembœuf, il rase encore, dans la ceinture jurassique qui l'entoure, une petite protubérance granitique qui relève autour d'elle l'arkose du lias.

Dans les plaines jurassiques et crétacées des départements de la Charente et de la Charente-Inférieure, le *primitif* de Lisbonne suit approximativement la ligne de partage des eaux entre la Charente et la Dordogne, et il passe la Gironde à des distances presque égales (6 à 7 kilomètres) de Blaye et du Bec-d'Ambès. Traversant ensuite les terrains plats du Médoc, il coupe la pointe N.-O. du bassin d'Arcachon, et il entre, à travers les dunes, dans le golfe de Gascogne, où il ne tarde pas à rencontrer le *diagonal* I*b* du système du mont Serrat.

J'annonçais, page 144 de ce Rapport, en terminant l'article consacré au *primitif* de Lisbonne, que, dans les contrées qui ont été bien explorées, il rencontre un grand nombre de points définissables dont je compléterais plus loin l'indication. Par là je faisais allusion à ce qui vient d'être dit sur la partie de ce même cercle qui traverse le cadre de la carte géologique de la France. On vient de voir que dans l'Odenwald, de même que dans le Thüringerwald et dans l'Ural, il s'adapte avec précision à des accidents géologiques nettement déterminés. La pointe N.-O. du Morvan et

certains points des granites du Limousin lui fournissent aussi des points de repère précis. Dans tout le cours de ce cercle, je n'ai cité aucune grande montagne avec laquelle il fût en rapport, à l'exception du volcan de Collaqui, au Chili, et j'ai fait remarquer son adaptation aux accidents de beaucoup de cours d'eau : en France il conserve les mêmes allures. Il ne rencontre aucune montagne de quelque importance, et la plus grande partie des accidents avec lesquels j'ai signalé sa coïncidence sont des inflexions ou des confluents de cours d'eau. Mais celles-ci méritent d'autant plus d'attention que, le long du cours de notre cercle, ces accidents hydrographiques sont dans un rapport évident avec la disposition des couches minérales. Il en est de même partout, en général, quoique la chose ne se voie pas toujours aussi directement que sur les terrains triasiques et jurassiques que nous avons parcourus. Il est toutefois à observer que les confluents des rivières qui coulent sur les granites du Limousin se rencontrent sur le cours de notre cercle avec la même fréquence et la même précision que ceux des rivières coulant sur les terrains stratifiés, et au fond, suivant toute apparence, par les mêmes causes.

Relativement à ces accidents hydrographiques, je dois faire remarquer qu'il existe peu de cartes où leur position mérite autant de confiance que la carte géologique de la France, et je puis me permettre de le dire, parce que je ne fais en cela que rendre hommage à la *carte hydrographique* de la France, qui a été le canevas fondamental de la carte géologique. La carte hydrographique avait été préprée depuis longtemps par le Dépôt des cartes et plans des ponts et chaussées, et publiée vers 1820 d'après les ordres de M. Becquey, alors directeur général des ponts et chaussées et des mines, pour servir de base à l'entreprise de la canalisation de la France, qui restera une des gloires de son administration. On y a profité non-seulement de la carte de Cassini, mais aussi de tous les documents que le corps des ponts et chaussées avait réunis. En prenant ce précieux tracé pour base de

la carte géologique de la France, on s'est gardé d'en rien effacer; on s'est borné, pour les cours d'eau, à le perfectionner en quelques points peu nombreux, pour lesquels on a eu des documents plus récents. On y a ajouté un dessin nouveau du relief du sol et les limites des terrains.

Les cours d'eau singulièrement nombreux qu'on trouve sur la carte géologique de la France ont donc un tracé très-précis, et, lorsque j'annonce que tel ou tel cercle passe à 1 ou 2 kilomètres du confluent de deux ruisseaux, j'en suis aussi certain que lorsque je dis qu'il passe à 1 ou 2 kilomètres de telle ou telle ville importante.

En résumé, le *primitif* de Lisbonne est un cercle très-bien jalonné par les accidents naturels du sol, mais rien n'indique jusqu'ici l'existence d'un système de montagnes dont il serait le grand cercle de comparaison, et les points remarquables qui se rencontrent sur son cours paraissent s'y être placés par la seule influence des lois de la symétrie pentagonale.

Trapézoédrique T*c de l'Iremel (système du Hundsrück).*

Le cercle placé au vingtième rang dans le tableau des 183 intersections est le *trapézoédrique* T*c* de l'Iremel, représentant du système du Hundsrück. J'ai donné ci-dessus, page 223, une monographie presque complète du cours de ce grand cercle, dans laquelle j'ai annoncé que je reviendrais sur les circonstances de précision avec lesquelles il traverse la France entière et la Souabe. C'est ici le lieu de combler cette lacune.

Le *trapézoédrique* T*c*, suivi dans le sens déterminé par l'ordre d'inscription des intersections dans le tableau, entre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté oriental. Il traverse le Neckar à 1 kilomètre au-dessus de Heilbronn, en s'adaptant à une petite section de son cours, et bientôt après il coupe, près de Gublingen, le *bissecteur* DH du système du mont Seny, qui, comme

on l'a vu plus haut, forme l'un des axes des montagnes de la Forêt-Noire.

Notre *trapézoédrique*, au contraire, est presque exactement tangent à ce groupe montagneux. Il effleure la saillie N.-O. du contour des montagnes de grès des Vosges et de porphyre quartzifère qui forment les paysages pittoresques des environs de Baden. Il laisse cette ville et sa source minérale à 1 kilomètre au S.-E., et il tronque de 2 kilomètres la limite des roches porphyriques, telle qu'elle est reproduite sur la carte géologique de la France.

Le *trapézoédrique* T*c* franchit le Rhin, élargi par des îles nombreuses, en s'adaptant, dans une étendue de 10 kilomètres, à une inflexion de son cours qui comprend le confluent de l'Ill et celui de la Kintzig. Sur la rive gauche, notre cercle remonte le cours sinueux de l'Ill jusqu'au confluent de la Bruche. Les deux rivières se réunissent par plusieurs bras dans l'intérieur même de la ville de Strasbourg, dont notre cercle entame les fortifications du côté du N.-O. Au delà de Strasbourg, il remonte encore la vallée de la Bruche jusqu'à Duttlenheim.

L'Ill, en se réunissant à la Bruche à Strasbourg, s'infléchit pour prendre sa direction; le Rhin, en recevant l'Ill un peu plus bas, s'infléchit à son tour suivant la même direction prolongée, et notre cercle s'identifie ainsi à une direction fluviale continue dans une étendue de 35 kilomètres, qui comprend quatre inflexions de rivières très-prononcées, quatre confluents et une grande ville. Il s'y joint un pont d'autant plus remarquable que, jusqu'à nos jours, il a existé seul sur le Rhin dans l'intervalle de Bâle à Mayence, établissant entre l'Allemagne et la France une communication sans doute fort ancienne, car le mot *Strassburg* se traduit par château de la route. C'est une illustration multiple et combinée de plusieurs genres de remarques que j'ai déjà appuyées de beaucoup d'exemples.

Notre cercle quitte ensuite la Bruche pour un temps, et il aborde les collines subvosgiennes près de Rosheim, dans la vallée qui descend de Grendelbruch, puis les Vosges elles-mêmes par

la vallée du Klingenthal, où il passe à la manufacture d'armes. Il traverse le massif proéminent du Champ-du-Feu, dont il côtoie la crête granitique, en laissant à environ un kilomètre dans le S.-E. son point culminant, élevé de 1,095 mètres, ainsi que sa terminaison S.-O. sur laquelle s'appuie le signal géodésique de Raurupt, élevé encore de 956 mètres. Il coupe, près de ce dernier point, comme on l'a déjà dit page 311, le *trapézoédrique* T*a* du système du Vercors.

Sortant du massif du Champ-du-Feu par la pointe de terrain schisteux qui s'avance au delà de la Bruche, notre cercle la traverse de nouveau, et cette fois près de sa source. Il passe à Saales et continue son cours sur un autre lambeau de terrain schisteux adossé au massif granitique qui s'étend vers Senones. Il entre enfin dans les montagnes de grès rouge et de grès des Vosges du versant occidental de la chaîne.

Saales occupe dans les Vosges une sorte de dépression centrale qui est en rapport avec l'interruption d'une grande faille et avec un ressaut dans l'axe de la chaîne, disposition déjà signalée dans le premier volume de l'*Explication de la carte géologique de la France*[1]. Cet agencement des montagnes aux environs de Saales rappelle à quelques égards la vallée d'Aran, dans les Pyrénées. Les deux cercles qui se croisent près de Raurupt jouent ici un rôle comparable, dans une certaine mesure, à celui des deux cercles qui se croisent dans les Pyrénées, à la pointe de Palarquère, et à celui des deux autres cercles qui se croisent dans les Alpes, au fond de la vallée de Beaufort. Le *trapézoédrique* T*a* du système du Vercors fait partie à la fois de la combinaison de Raurupt et de celle de Beaufort.

Traversant les montagnes de grès qui masquent la discontinuité existant entre les roches anciennes des environs de Senones et celles des environs de Sainte-Marie-aux-Mines, le *trapé-*

[1] *Explication de la carte géologique de la France*, 1841, t. I, p. 396.

zoédrique T*c* passe à Saint-Dié, où il coupe la Meurthe à 2 kilomètres au N.-O. du confluent de la Remenmeix, qui achève de lui verser le tribut de toutes les eaux provenant de la chaîne centrale, depuis le Climont jusqu'au Valtin. A Saint-Dié, la vallée de la Meurthe, perdant la grande largeur qui fait ressembler à des lacs desséchés les vallées supérieures, élargies sans doute par les courants diluviens, se réduit à un sillon creusé dans le grès rouge couronné par le grès des Vosges, ce qui en change considérablement le régime. Saint-Dié est donc à la fois un confluent, un étranglement de vallée et une ville épiscopale fort ancienne, munie d'un pont dont l'origine première remonte sans doute à une haute antiquité. Le *trapézoédrique* T*c*, toujours en vertu des principes déjà exposés, passe aux siéges des deux évêchés qui se partagent les Vosges, de même que le *diamétral* D*ac* du système de la Côte-d'Or passe aux deux préfectures des Vosges et de la Côte-d'Or.

Continuant son cours sur les montagnes de grès qui forment la bordure des Vosges, notre cercle passe à Champs, où apparaît, au-dessous des dépôts arénacés, une petite expansion du terrain granitique qui contient le lit de la Vologne. Il atteint cette rivière à 2 kilomètres au N.-O. du confluent, où ses deux branches se réunissent, et il accompagne jusqu'à Docelles son cours devenu sinueux au milieu des grès. Il traverse la Moselle à Arches, au confluent de la rivière de Ravon, où la première sort des montagnes proprement dites.

Sur le plateau de grès bigarré qui contient la source de la Saône et qui verse presque toutes ses eaux dans cette rivière, le *trapézoédrique* T*c* suit, de Hadol-la-Tour à Fontenoy-le-Château, une ligne le long de laquelle le grès des Vosges devient visible par l'effet de certaines failles plus ou moins rigoureusement parallèles à sa direction, qui font même apparaître le granite. Il laisse au S.-E., à moins d'un kilomètre de distance, la belle source thermale de Bains, et, côtoyant le ruisseau sur les bords duquel elle surgit, il passe à son confluent avec le Coney, auquel il se réunit, près

des forges de la Pipée, dans les anfractuosités d'une protubérance granitique.

Les vallées de Ruaux, de Plombières et du val d'Ajol, au fond desquelles le granite et les schistes anciens se montrent d'une manière continue, sont parallèles au *trapézoédrique* T*c;* mais on doit signaler surtout son parallélisme constant avec la stratification des roches anciennes du versant N.-O. des Vosges et avec les lignes séparatives de leurs différentes variétés.

De Fontenoy-le-Château à Bétaucourt notre cercle côtoie le Coney et la Saône, dans laquelle se jette le dernier, et, traversant les ceintures de muschelkalk, de marnes irisées et de calcaire à gryphées qui entourent les Vosges, il va passer à Saint-Marcel, près de Noroy-lès-Jussey, au point déjà signalé page 301, et où il coupe simultanément l'*hexatétraédrique* H*aa* et le *diamétral* D*ac* du système de la Côte-d'Or. Ce point de croisement est remarquable par la position en quelque sorte stratégique qu'il occupe relativement aux Vosges, dont l'*hexatétraédrique* H*aa* limite à peu près la zone d'influence, tandis que le *diamétral* D*ac* s'applique à leur contour extérieur, et le *trapézoédrique* T*c* à plusieurs des accidents les plus remarquables de leur structure intérieure.

Au delà du croisement de Saint-Marcel, le *trapézoédrique* T*c* parcourt les terrains jurassiques, accidentés en petit, de la partie méridionale du département de la Haute-Marne et de la partie limitrophe de celui de la Côte-d'Or. Je me bornerai à remarquer qu'il y coupe, à deux de leurs inflexions les plus prononcées, les rivières du Soulon et du Vesin. Il aborde ensuite les plateaux élevés de la Bourgogne, à Is-sur-Tille, au débouché de la vallée de l'Ignon, en laissant à moins de 2 kilomètres de distance le confluent de cette rivière avec la Tille.

Sur les hauts plateaux de l'étage oolithique inférieur, notre cercle côtoie la profonde vallée du Val-Suzon et passe près des source de la Loze. Dans cette région culminante, le plan vertical du *trapézoédrique* T*c* coupe, près de son entrée septentrionale et

la plus élevée, le tunnel de Blaizy, dans lequel le chemin de fer de Paris à Lyon traverse souterrainement la ligne de démarcation des bassins de l'Océan et de la Méditerranée.

Bientôt après il s'adapte d'une manière analogue au point de partage du canal de Bourgogne. Il coupe la vallée de la Brenne, au-dessous d'Aubigny, dans sa principale inflexion, où est établi, au moyen d'un barrage, le réservoir de Grosbois, destiné à alimenter le canal. Sur la rive gauche de l'Armançon, il passe au réservoir de Cercey construit pour le même objet, et dans l'intervalle il traverse le canal de Bourgogne un peu au N. de l'entrée septentrionale du souterrain de Pouilly, établi sur le bief de partage. Il rencontre la ligne navigable au bas de l'escalier d'écluses par lequel le canal descend du bief de partage au niveau de l'Armançon. C'est une combinaison comparable à celle que présente, à Valdieu, l'intersection du canal du Rhône au Rhin et du *trapézoédrique* T*a* du système du Vercors.

Le *trapézoédrique* T*c* sort enfin des hauts plateaux de l'étage oolithique inférieur, par leur angle S.-O., situé près de Censerey, angle sur lequel tombe, avec une étonnante précision (sur la carte géologique générale) le point d'intersection de notre cercle avec le *trapézoédrique* TT*bbc* de l'Hécla.

Il traverse ensuite le Morvan dans sa partie méridionale et la plus proéminente, où dominent les porphyres, en laissant à 2 kilomètres au N.-O. la montagne porphyrique du Toureau-des-Grands-Bois, élevée de 804 mètres et la plus haute de tout le Morvan. Les porphyres reposent ici sur les granites qui apparaissent dans le fond de quelques vallées. Au S.-E. de Château-Chinon, dans une de ces vallées à fond granitique, notre cercle coupe l'Yonne presque à sa naissance, à moins d'un kilomètre de son confluent avec le Perperny.

Bientôt après il rentre sur le terrain jurassique, où il touche, au confluent d'un ruisseau, la principale courbure de la rivière de Vandenesse. Passant ensuite au confluent de la Vandenesse et de

l'Aron, il côtoie cette dernière rivière et le canal de Nivernais jusqu'aux approches de la Loire, qu'il passe un peu au-dessus de Decize. Il coupe dans cet intervalle, ainsi qu'on l'a déjà dit, le *trapézoédrique* DI*a* du système du Morbihan.

Sur la rive gauche de la Loire, le *trapézoédrique* T*c* effleure, près de Saint-Parise-en-Viry, l'extrémité méridionale d'une petite saillie de granite, déjà mentionnée plusieurs fois, où il coupe simultanément le *trapézoédrique* T*abc* du système du Longmynd, le *diamétral* D*ac* du système du Forez et le *trapézoédrique* T*b* du système du Tatra.

Traversant ensuite la plaine de l'Allier, formée de terrain tertiaire miocène et de marnes irisées, il rase la petite protubérance granitique de Bourbon-l'Archambault, dont il laisse le contour à 1 kilomètre, et le centre, où se trouve la source thermale, à 2 kilomètres dans le S.-E.

Plus loin, il coupe les pointes du massif granitique d'Hérisson, en laissant à 2 kilomètres au S.-E., dans le terrain miocène, le confluent compliqué où les eaux de quatre ruisseaux se réunissent, près de Cosne, pour former la rivière d'Aumance, qui s'échappe vers le Cher par la vallée à fond granitique où se trouve la ville même d'Hérisson. Rasant encore deux pointements granitiques, il coupe la vallée du Cher, et laisse au S.-E. la ville de Montluçon à 5 kilomètres et l'établissement thermal de Néris à 12 kilomètres au S.-E.

Il poursuit son cours sur les diverses variétés de granite du Limousin en côtoyant d'abord, à 3 ou 4 kilomètres de distance, la route presque rectiligne de Montluçon à Gauzon, passe la Gartempe près de sa source, non loin de Jardent, dans un confluent d'une forme toute spéciale et coordonnée à sa direction, traverse, au N. de Bourganeuf, le petit dépôt houiller de Bosmoreau, et coupe successivement les rivières du Thorion et de la Vienne, chacune au confluent d'un ruisseau.

Le Thorion, se repliant vers le S.-O., se jette dans la Vienne

qui, en le recevant, en prend la direction. Notre cercle côtoie leur vallée dans une étendue de 45 kilomètres, jusqu'au point où, au-dessous de Limoges, elle se détourne vers Aixe. Dans cet intervalle, il s'adapte aux contours de deux massifs de granite porphyroïde à gros grains, et suit parallèlement, à 3 kilomètres de distance, la route de Bourganeuf à Saint-Léonard. Ces circonstances réunies montrent clairement que dans le Limousin, aux portes mêmes de Limoges, le *trapézoédrique* T*c* représente très-exactement l'une des directions fondamentales imprimées au sol par les révolutions du globe.

Bientôt après, comme on l'a dit précédemment, il coupe le *trapézoédrique* T*b* du système de la Vendée, entre les masses de granite porphyroïde à gros grains de Flavignac et de Nexon.

Plus loin, il passe aux forges de Fenya, placées au point de concours de plusieurs torrents dont les eaux forment la Dronne, au cours de laquelle notre cercle s'adapte jusqu'à Pardoux. Là, la Dronne change de direction en passant du terrain granitique dans le terrain jurassique, sur lequel notre cercle va couper presque immédiatement, à Saint-Angel, l'*hexatétraédrique* H*baab* de Nontron.

Poursuivant son cours sur le terrain jurassique et le terrain crétacé, il s'y adapte encore à quelques accidents des cours d'eau, et, suivant approximativement le cours de la Dronne, il la coupe de nouveau en deux points, d'abord à 3 kilomètres au-dessus de son confluent avec la Nizanne, et ensuite à Coutras, près de son confluent avec l'Isle. Notre cercle coupe l'Isle elle-même entre Coutras et Guitres, à 1 kilomètre au-dessous du confluent de la Dronne et à 1 kilomètre au-dessus de celui du Larry, ce qui constitue une adaptation approximative à deux confluents à la fois et même à une disposition hydrographique assez particulière. En effet, l'agrément des deux petites villes de Guitres et de Coutras résulte en partie de ce qu'elles sont réunies dans un bassin à quatre issues.

Passant ensuite la Dordogne un peu au-dessous du coude qu'elle forme à Saint-Michel, notre cercle franchit la Garonne à moins d'un

kilomètre au-dessus du pont de Bordeaux, c'est-à-dire au point qui a été de tout temps la limite de la grande navigation. Il traverse la partie méridionale de la ville de Bordeaux, et, côtoyant dans les Landes, à 1 ou 2 kilomètres de distance, la route presque rectiligne, ainsi que le chemin de fer de Bordeaux à la Teste, il coupe la rivière de Leyre à 1 kilomètre au-dessus de son confluent avec le Canau. Laissant au N. le bassin d'Arcachon, il tronque légèrement le grand étang de Sanguinet et de Bicarosse, et entre à travers les dunes dans le golfe de Gascogne, où il rencontre bientôt le *diagonal* I*b* du système du mont Serrat.

On voit que ce cercle est parfaitement jalonné, dans tout son parcours à travers la Souabe et la France, par les accidents naturels du sol et par les ouvrages que les hommes y ont adaptés. Il suffit de citer, entre autres, les montagnes du Champ-du-Feu et du Toureau-des-Grands-Bois, les trois sources thermales de Baden, de Bains et de Bourbon-l'Archambault, le chemin de fer de Paris à Lyon, le canal de Bourgogne, et deux grandes villes, Strasbourg et Bordeaux, pour faire comprendre qu'il est encore du nombre des cercles dont on ne pourrait modifier sensiblement la position sans leur faire perdre les prérogatives dont la nature les a doués. Cela résultait déjà, au reste, très-nettement de l'étude faite précédemment, page 223, du reste de sa circonférence.

En passant, près de Saales, au nœud gordien de la structure des Vosges, ce cercle montre une sorte de connivence avec les faits naturels qui le place au nombre des cercles les plus autorisés du réseau pentagonal.

Il présente en outre, avec le *primitif* de Lisbonne et avec le *diamètral* D*ac* du système de la Côte-d'Or, une certaine solidarité qui mérite d'être remarquée.

Le bassin d'Arcachon est compris entre notre *trapézoédrique* T*c* et le *primitif* de Lisbonne, et peu éloigné des points où l'un et l'autre sont coupés par le *diagonal* I*b* du système du mont Serrat. Cette espèce d'encadrement par des cercles, qui sont probablement

des lignes de plus facile propagation pour les tremblements de terre et autres mouvements du sol, permet d'entrevoir comment il aurait pu se produire une légère dénivellation sur l'emplacement du bassin d'Arcachon, qui est en lui-même une anomalie assez singulière et unique de la côte si uniforme des Landes. Au reste, en s'adaptant l'un d'un côté et l'autre de l'autre à cette figure anomale, nos deux cercles n'ont fait que suivre les allures que nous avons constamment signalées, indépendamment de toute théorie, dans les cercles du réseau pentagonal. En se prolongeant dans l'océan Atlantique, les deux cercles, après s'être croisés au point T situé à l'O.-N.-O. de Burgos, encadrent de même entre eux le groupe volcanique de Madère et de Porto-Santo.

Quant aux relations du *diamétral* D*ac* du système de la Côte-d'Or avec le *trapézoédrique* T*c* du système du Hundsrück, leur solidarité se révèle par la manière dont ils pénètrent en Allemagne sur la rive droite du Rhin. Le premier effleure l'extrémité S.-E. de l'Odenwald, comme le second l'extrémité N.-O. de la Forêt-Noire; et, à l'exception des très-petites montagnes de granite et de grès d'Heidelberg, la vallée du Rhin n'est bordée, dans l'intervalle des deux cercles, que par des collines appartenant au trias et au lias. C'est une sorte de vaste regard qui met la vallée du Rhin en communication avec l'intérieur de l'Allemagne. Nos deux cercles en marquent les extrémités et y jouent un rôle également essentiel.

Le *primitif* de Lisbonne, le *diamétral* D*ac* du système de la Côte-d'Or et le *trapézoédrique* T*c* du système du Hundsrück sont donc, malgré leur rapprochement et le peu de différence de leurs orientations, trois cercles également nécessaires, et l'on ne saurait songer à sacrifier l'un d'eux au profit des deux autres. J'ai déjà fait précédemment des remarques du même genre sur d'autres cercles rapprochés les uns des autres.

Le *trapézoédrique* T*c* convient d'autant mieux pour représenter le

[1] *Notice*, p. 1092.

système du Hundsrück qu'il traverse, dans l'Erzgebirge, le Fichtelgebirge, les Vosges et le Limousin, des régions où les roches schisteuses anciennes ont la direction du système du Hundsrück, en occupant à peu près le centre des parties du continent dans lesquelles ces roches se montrent, et de celles surtout où elles deviennent souvent cristallines, manière d'être qui semble devoir indiquer le milieu ou l'axe du système. Il nous reste cependant à examiner si ce cercle remplit les conditions nécessaires pour être adopté comme *grand cercle de comparaison* du système du Hundsrück.

D'après la *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 206, le *grand cercle de comparaison provisoire* adopté pour le système du Westmoreland et du Hundsrück passait au Binger-Loch sur le Rhin, et y était orienté vers l'E. 31°30′ N., ce qui le rapprochait assez du point D, centre du pentagone européen près de Remda, pour qu'il dût paraître naturel de chercher son représentant parmi les *cercles auxiliaires* qui se croisent en ce point; mais il n'a pu y être trouvé.

Le *primitif* de Lisbonne fait avec le *primitif* de l'Etna[1], *grand cercle de comparaison* du système du Ténare, un angle de 72 degrés. D'après le tableau de la page 855 de la *Notice*, l'angle Ténare-Hundsrück est de 74°16′39″; il diffère, par conséquent, de 2°16′39″ de celui que forment entre eux les deux cercles *primitifs* dont on vient de parler. Ayant mis du soin à déterminer l'orientation du *système du Hundsrück*, l'auteur a jugé peu probable que celle qu'il avait trouvée différât de la vérité de près de 2 degrés et demi, et il a cherché dans le réseau un autre cercle qui la représentât plus approximativement; n'en ayant trouvé aucun parmi les auxiliaires *diamétraux*, il a cherché parmi les *trapézoédriques* qui passent au point T situé en Espagne, à l'O.-N.-O. de Burgos.

Il a trouvé alors que le *trapézoédrique* T*c*, mené du point T de l'Espagne à un point *c* situé hors du pentagone européen, au S.-S.-E. d'Omsk en Sibérie, fait avec le grand cercle de comparaison du

[1] *Notice*, p. 200.

système du Ténare un angle de 75°25′38″27, angle qui ne diffère plus de l'angle Ténare-Hundsrück du tableau que de 1° 8′ 59″ 27. Cette différence est à peu près de moitié plus petite que la précédente; cependant, comme elle est encore assez notable, l'auteur a d'abord hésité à préférer le cercle qui la donne au *primitif* de Lisbonne, et il s'y est décidé surtout par la considération des convenances particulières que présente, aux points de vue géographique et géologique, ainsi qu'on vient de le rappeler, la position du *trapézoédrique* T*c*. Au surplus, le soin qui a été apporté, dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, pages 190 à 213, à réduire au Biger-Loch les directions observées dans les différentes parties de l'Europe, peut bien ne pas avoir préservé la moyenne d'une erreur de 1°9′, attendu que beaucoup des observations réduites n'étaient évaluées qu'en nombres ronds de 5 en 5 degrés, et que presque toutes ayant été observées à la boussole étaient passibles d'une certaine erreur dans la réduction au méridien astronomique. Il ne paraît donc pas que la différence trouvée, 1°9′, puisse empêcher d'adopter le *trapézoédrique* T*c* comme représentant du système du Westmoreland et du Hundsrück.

Quant à ce qui concerne ce système considéré en lui-même, aux accidents stratigraphiques qui le constituent, à son âge relatif, etc., l'adoption du nouveau *grand cercle de comparaison* n'implique aucun changement à ce qui en a été dit dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, page 152 et ailleurs. (Voir la table de l'ouvrage.)

Hexatétraédrique H*a*TT*a* *(système de l'Érymanthe et du Mermoucha).*

Le cercle placé au vingt et unième rang dans le tableau des 183 intersections est l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a* adopté par M. Pomel pour représenter le système de l'Érymanthe et du Mermoucha, établi par lui d'après ses observations en Algérie.

Ce grand cercle passe au point H situé au S.-O. des îles du Cap-Vert, au point *a* situé près de Minorque, au point T situé

près d'Olviopol, au point T situé dans l'intérieur de l'Asie, au S.-E. du lac Boussoulou-Noor, et au point *a* situé en Chine, dans la vallée du Kin-tcha-Kiang ou fleuve Bleu, ainsi qu'aux antipodes de ces cinq points. Il a pour pôles les intersections communes des cinq grands cercles auxquels ces mêmes points appartiennent comme pôles, intersections qui sont figurées dans le tracé de M. Laugel, et qui tombent l'une dans l'océan Austral au N. des îles Marion et Crozet, et l'autre dans l'océan Pacifique, près des côtes de la Californie, à l'O.-S.-O. du cap Perpetua.

L'*hexatétraédrique* H*a*TT*a* pénètre dans le cadre supplémentaire de la carte géologique de la France, qui renferme l'île de Corse, par le côté oriental. Il aborde la Corse, un peu au N. de l'étang de Diana, par l'expansion que présente vers l'E. le contour de la zone nummulitique de sa côte orientale. Suivant intérieurement le contour méridional de cette expansion, il coupe les rivières Bravane, Corsigliese et Tavignano, chacune à sa principale inflexion, en laissant à 2 kilomètres au S.-S.-E. le confluent des deux dernières. Il coupe aussi l'Orbo à 2 kilomètres au N.-N.-O. de son principal confluent, et dans l'intervalle, entre le Tavignano et l'Orbo, il passe aux cimes du mont Antisanti, élevé de 578 mètres, et du mont Luigoniello, élevé de 1,123 mètres; deux repères très-précis.

Pénétrant ensuite dans le domaine des roches primitives, qui comprend la plus grande partie de l'île, il coupe la chaîne centrale par le mont Renoso, dont il rase les deux cimes septentrionales, en laissant à 3 kilomètres au S.-S.-E. la cime méridionale qui est la plus élevée et qui atteint l'altitude de 2,257 mètres. Le mont Renoso domine toute la partie méridionale de l'île : c'est la plus méridionale des hautes montagnes primitives de la Corse.

Notre cercle descend alors vers le golfe d'Ajaccio, en suivant la crête qui sépare le Prunelli du Gravone. Il coupe ce dernier torrent dans un confluent, et traverse bientôt après la partie méridionale de la ville d'Ajaccio. En en sortant, il rencontre, comme on l'a déjà dit, le *trapézoédrique* Tl du système du mont Viso, et il

entre ensuite dans la Méditerranée en effleurant le bas-fond qui termine la petite ligne des îles Sanguinaires.

On voit que, dans un parcours de 90 kilomètres seulement, l'*hexatétraédrique* HaTTa rencontre en Corse beaucoup de points définissables.

Comme le remarque M. Pomel, auquel est dû le choix de ce cercle, « au point *a* situé près de Minorque, il croise à la fois les « cercles du *Forez*, du *Rhin*, des *Pyrénées*, du *Vercors* et des *Alpes* « *principales*. Il enclave et construit avec ce dernier cercle les Ba- « léares, en rasant leur bord méridional et coupant le cercle des « Alpes occidentales à sa sortie de Majorque. Rangeant ensuite les « deux pointes S.-E. de l'Espagne, parallèlement à la côte algé- « rienne de Tenez à Nemours, il va croiser à Alboran l'octaédrique « de Mulehacen. Il sort de la côte atlantique du Maroc vers Saphi, « en un point remarquable du réseau, puis il va renforcer le croi- « sement du cercle de l'*axe méditerranéen* avec le *dodécaédrique* des « Açores, pour tracer plus loin la direction des deux îles occiden- « tales des Canaries. Il entre en Amérique par la côte septen- « trionale du Brésil, près du golfe de Saint-Louis-de-Maranham, « avec une direction très-voisine de celle reconnue par M. Pissis « pour la Cordillère maritime de cet empire[1]. »

Dans une direction opposée, ce même cercle traverse l'archipel de l'île d'Elbe, en laissant au nord Pianosa, au sud Formica et Monte-Cristo. Tracé sur la carte géologique de l'Italie par M. H. de Collegno, il aborde la côte par Castiglione, qui forme saillie au nord d'un espace couvert de terrain alluvial, laisse au sud le mont Amiata, effleure le côté nord du lac Trasimène et entre dans la mer Adriatique en passant un peu en dehors du promontoire jurassique d'Ancône, près duquel il coupe le *primitif* de l'Etna, représentant du système du Ténare : c'est une des lignes remarquables de l'Italie.

[1] *Comptes rendus*, t. XLVII, p. 852, séance du 29 novembre 1858.

Son intersection avec le cercle du Thüringerwald s'opère en un point remarquable du Danube, au-dessus de Belgrade. Après avoir jalonné son cours à travers la Russie par une série de points importants, tels que le coude principal du Dniéper et le coude du Don le plus rapproché du Volga, il va traverser, dit M. Pomel, le lac Balkach-Noor, et, devenant alors à peu près parallèle au système de la Côte-d'Or, il peut revendiquer quelques-uns des accidents orographiques de l'Altaï occidental.

J'ai fait connaître, au commencement de ce Rapport, la manière dont M. Pomel a constitué le système de l'Érymanthe et du Mermoucha et l'âge relatif qu'il lui a assigné. Je ne puis maintenant que renvoyer le lecteur à cet article. (Voir ci-dessus, page 9.)

Trapézoédrique TT*bbc (système du Sancerrois).*

Le cercle placé au vingt-deuxième rang dans le tableau des 183 intersections est le *trapézoédrique* TT*bbc*, représentant du système du Sancerrois.

Ce grand cercle passe au point *b* situé près de Porto-Santo et au point T situé dans la Russie méridionale, près d'Olviopol, ce qui l'oblige à passer en même temps au point T situé en Chine, près du cours supérieur du Kin-tcha-Kiang, au point *b* de Gilolo, au point *c* qui tombe près de la Nouvelle-Guinée, non loin du cap Walsh, ainsi qu'aux antipodes de ces cinq points. Il a pour pôles les deux points où se coupent mutuellement les cercles auxquels ces mêmes points appartiennent comme pôles, intersections qui sont figurées dans le tracé de M. Laugel et qui tombent, la première dans l'océan Austral, au nord de l'île du Prince-Édouard, et l'autre dans l'océan Pacifique, au S.-O. de l'île Vancouver.

Le *trapézoédrique* TT*bbc* aborde la côte de la rivière de Gênes par le cap del Mele, dont il laisse la pointe au N.-N.-O. à 1 kilomètre de distance. Il passe à 2 kilomètres au N.-N.-O. d'Oneglia, et il coupe à l'ouest de cette ville le *trapézoédrique* Tl*a* du système du

Morbihan. Passant ensuite à 3 kilomètres au N.-N.-O. de San-Remo, il rencontre à angle droit, à l'ouest de cette ville, le *trapézoédrique* TI du système du mont Viso. Il se rapproche alors du littoral, dont il coupe les anfractuosités rentrantes ou saillantes, en rasant avec précision, soit au sud, soit au nord, les villes de Ventimiglia, Monaco, Villefranche et Nice, s'adaptant ainsi avec la plus grande précision à la ligne d'escarpements calcaires qui mettent ces sites privilégiés à l'abri des rigueurs de l'hiver.

Il franchit enfin le Var et passe à Cagnes, où, comme on l'a déjà dit, il coupe en un seul et même point le *primitif* de la Nouvelle-Zemble (système du Rhin), l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a*, homologue de celui dont nous venons de nous occuper, et son propre homologue, le *trapézoédrique* TT*bbc* de l'Hécla.

Pénétrant dans l'intérieur du département du Var, il s'engage sur le terrain peu élevé, mais d'une composition très-complexe et très-accidentée, qui est compris entre le pied des Alpes et les montagnes de l'Esterel et des Maures, qu'il laisse entre lui et la mer. Il s'y adapte à une foule de petits accidents orographiques et hydrographiques dont j'indiquerai sommairement les principaux.

Il coupe d'abord à peu près par son centre la masse de mélaphyre de Biot. Il traverse ensuite le dépôt de muschelkalk situé entre Grasse et Antibes, où il entre par le confluent de la Drague et d'un ruisseau, et dont il sort, à Auribeau, par le confluent de la Siagne et de la Rives.

Plus loin il traverse le granite qui s'élève au nord de l'Argentière, le terrain houiller du Reyran, le muschelkalk de Bagnols, le porphyre quartzifère qui forme plus au sud une longue crête, et, remontant la vallée de l'Argens, il passe quatre de ses affluents à des coudes ou à des confluents, et l'Argens lui-même à l'une des inflexions les plus prononcées de son cours, près du Cannet. Des Arcs au Luc il s'adapte approximativement à la limite du grès bigarré et du muschelkalk, et il va couper l'Yssolle à 1 kilomètre

au nord de Flassans, dans le grand repli qui détourne vers le nord sa vallée encaissée dans le muschelkalk.

Sur la rive gauche de cette rivière, il rencontre le *trapézoédrique* T*a* du système du Vercors en un point déjà cité, qui tombe presque rigoureusement sur la route de Nice à Aix.

Au delà du *trapézoédrique* T*a*, le terrain que parcourt notre cercle change subitement de caractère. Le muschelkalk ne s'y montre plus qu'exceptionnellement, et la surface est presque toujours formée par le terrain crétacé inférieur et plus rarement par le calcaire jurassique.

Immédiatement après le point de croisement, notre cercle sort du muschelkalk par un cap formé des deux autres terrains, et il remonte la haute vallée de l'Yssolle qui y est creusée. Il passe de nouveau trois fois cette rivière en des points plus ou moins caractérisés, le dernier de ces passages tombant au confluent de l'Yssolle et de l'un de ses affluents. Les deux cours d'eau prennent naissance sur le relèvement assez circonscrit de muschelkalk de la Roque-Brussanne, d'où ils ne peuvent s'échapper que par un défilé de la ceinture crétacée, à l'entrée duquel ils se réunissent, et par lequel passe aussi notre cercle, ce qui constitue une coïncidence des mieux accentuées.

Plus loin, notre cercle coupe le Lay à son confluent avec le Gapau. Le Gapau se forme par la réunion des eaux de plusieurs grandes sources qui sortent du muschelkalk au pied de hautes montagnes de terrain crétacé; de ces belles sources de Provence dont les fontaines de Nîmes et de Vaucluse sont des exemples plus connus. L'une d'elles, la plus orientale, fait tourner un moulin à sa sortie du rocher, et ses eaux se réunissent immédiatement à celles des autres sources pour tomber dans le Lay. C'est par cette dernière que passe notre cercle, qui rencontre ainsi presque en même temps une source importante et un confluent.

Poursuivant toujours son cours à travers des montagnes semblables à celles d'où sort le Gapau et aux accidents desquelles il

s'adapte avec précision, le *trapézoédrique* TT*bbc* rencontre l'*hexatétraédrique* H*aa* à côté de la route de Marseille à Toulon, au haut de la descente conduisant à Sainte-Anne et au Beausset, point situé près des sources de l'Haurrau, qui suit l'*hexatétraédrique* pour tomber avec lui dans la baie de Bandol. Rasant encore le pied de la montagne de Cereste et le fond de la baie de la Ciotat, notre cercle entre enfin dans la mer en coupant la montagne située à l'O. de ce port.

Tous ces accidents du sol de la Provence ont une netteté comparable, pour ainsi dire, à celle de son ciel, et notre cercle s'y adapte avec une précision sur laquelle j'aurais pu insister davantage.

Dans la Méditerranée, au midi des Martigues, le *trapézoédrique* TT*bbc* concourt, comme on l'a déjà dit, avec le *diamétral* D*ac* du système du Forez et avec le *diamétral* D*c* du système des Alpes occidentales, à la formation d'un très-petit triangle, et plus loin il rencontre encore l'*hexatétraédrique* H*baab* de Nontron. Il traverse tout le golfe du Lion, où il passe sur des eaux profondes dont il côtoie grossièrement les limites, et il va aborder la saillie qu'y forment les granites des Pyrénées orientales, au nord du cap de Creus.

Il y entre par la petite anse située au S. du cap de Porbon, situé en dehors de notre frontière, et coupe le massif granitique, qui s'étend de Collioure à Roses, par sa partie la plus basse. Il en sort par la pointe qui resserre les torrents dont les eaux réunies vont arroser Perelada; il passe au confluent des deux branches principales, et, immédiatement après, il traverse un autre torrent, le Llobregat, précisément au point où ce dernier sort du granite pour entrer dans les dépôts de transport.

Poursuivant son cours sur le terrain nummulitique, notre cercle y coupe au N.-O. de Figuières, comme on l'a déjà dit, le *trapézoédrique* T*b* du système de la Vendée. Il va ensuite raser au N.-N.-O. une petite saillie de roches schisteuses, sorte de sentinelle avancée des roches anciennes des Pyrénées, sur laquelle s'appuient le terrain jurassique et le terrain crétacé inférieur. Passant à Besalu et

à Santa-Pau, il côtoie au S.-S.-E. le groupe des petits cratères éteints de Castel-Follit si bien décrits par M. de Billy. Il passe enfin le Ter dans une de ses inflexions au-dessous de Ripoll, pour sortir ensuite du cadre de la carte géologique de la France, après s'être adapté aux accidents du sol de la pointe orientale des Pyrénées avec la même netteté qu'à ceux de la rivière de Gênes et de la Provence.

Dans sa prolongation vers le S.-O., notre cercle traverse l'Espagne presque par son centre. Il en sort approximativement par le cap Saint-Vincent, et, passant au point *b* près de Porto-Santo, il effleure Madère au S.-E. en suivant le canal compris entre l'île principale et les petites îles Disiertas.

Du côté opposé, il gagne le point T situé près d'Olviopol sur le Bug en coupant les pointes septentrionales du golfe de Gênes et de la mer Adriatique, comme il coupe le golfe du Lion. Sa prolongation vers l'Asie coupe de même les petits golfes septentrionaux de la mer Caspienne près de l'embouchure de la rivière Ural, et plus loin la pointe septentrionale du lac Aral.

Ce cercle s'adapte donc heureusement aux grandes configurations géographiques, en même temps que dans les détails, en France particulièrement, il s'applique avec une grande précision aux accidents de l'écorce terrestre. Il est à regretter que sa monographie complète n'ait pas encore été faite, mais ce qui précède suffit pour montrer qu'il représente une ligne naturelle très-bien jalonnée, dont on ne pourrait l'écarter sensiblement sans gâter sa position.

Il nous reste à examiner s'il remplit toutes les conditions nécessaires pour être admis comme *grand cercle de comparaison* du système du Sancerrois.

Le *grand cercle de comparaison provisoire* adopté dans la *Notice sur les systèmes de montagnes* pour représenter le système du Sancerrois passait très-près de Remda. Cependant l'auteur n'a pas cru devoir en chercher le représentant parmi les cercles du réseau qui passent au centre du pentagone européen, parce que le *grand*

cercle de comparaison de ce système lui a semblé devoir être placé beaucoup plus au sud. Les collines du Sancerrois, parfaitement décrites par M. Raulin, paraissaient à l'auteur ressembler beaucoup plus au bord qu'à l'axe central d'un système de montagnes[1]. D'après cette considération, c'est parmi les cercles du réseau qui passent vers les bords de la Méditerranée, qu'il a cherché le représentant du système du Sancerrois.

Le *trapézoédrique* TT*bbc*, mené du point T sur le Bug au point *b* près de Porto-Santo, fait avec le *primitif* de Saint-Kilda un angle de 60° 48′ 0″ 98. En adoptant ce dernier cercle pour représenter le système du Thüringerwald, on a fait subir au *grand cercle de comparaison provisoire* de ce système un mouvement de 1° 25′ 20″. D'après le tableau page 856 de la *Notice*, l'angle Thüringerwald-Sancerrois est de 59° 7′ 49″; mais, pour le rendre comparable au précédent, il faut l'augmenter d'environ 1° 25′ 20″, ce qui le porte à 60° 33′ 9″; la différence avec l'angle théorique est de 0° 14′ 51″ 98, c'est-à-dire tout à fait négligeable. On peut même en faire complétement abstraction : en effet, M. Victor Raulin avait eu en vue d'assigner au système du Sancerrois une direction perpendiculaire à celle du système du mont Viso; or les deux cercles que le réseau fournit pour les représenter se coupent perpendiculairement aussi, non pas, il est vrai dans l'intérieur de la France, mais sur les côtes de la Méditerranée, près de San-Remo. Le *trapézoédrique* TT*bbc* peut donc être admis comme représentant du système du Sancerrois.

Quant au système du Sancerrois considéré en lui-même, tout ce qui précède n'implique aucun changement à ce qui en a été dit dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, page 419 et ailleurs. (Voir la table de l'ouvrage.)

[1] *Notice*, p. 1096.

Bissecteur DH *de Belle-Ile.*

Le cercle inscrit au vingt-troisième rang dans le tableau des 183 intersections est le *bissecteur* DH, qui passe dans le voisinage de Belle-Île. Ce grand cercle est assujetti à passer au point D, centre du pentagone européen, près de Remda, au point H de la mer de la Chine et à leurs antipodes. Il a pour pôles deux points *b* qui tombent, l'un dans l'océan Pacifique au nord des îles Sandwich, et l'autre dans l'océan Austral au sud de la colonie du Cap.

Le *bissecteur* DH de Belle-Île entre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté oriental. Il traverse le massif basaltique du Vogelsberg et le massif schisteux du Nassau, et il passe le Rhin à Kestert pour couper sur sa rive gauche le *trapézoédrique* T*a* du système du Vercors.

Poursuivant son cours sur les terrains schisteux du Hundsrück, où il coupe trois cours d'eau, chacun dans une inflexion, il traverse la Moselle au N. de Senheim et d'Alff, dans un de ses remarquables méandres, où il la coupe trois fois dans l'espace de 5 kilomètres. C'est une adaptation comparable à celle du *trapézoédrique* T*a* au Rhin, mais avec cette différence cependant que de Trèves à Coblentz la Moselle présente beaucoup d'autres méandres aussi remarquables que celui d'Alff, tandis que de Bingen à Bonn le Rhin n'en présente qu'un seul qui soit bien prononcé, celui de Boppart à Braubach.

Sur les terrains schisteux et triasiques de la rive gauche de la Moselle, notre cercle coupe dix affluents de cette rivière, dont sept à une des inflexions les plus prononcées de leur cours, ou à un confluent, et il sort du bassin de la Moselle en suivant la crête schisteuse qui sépare la vallée de la Sure de celle de l'Attert. Sur cette crête, ainsi qu'on l'a déjà dit, pages 300 et 337, il rencontre en un seul et même point l'*hexatétraédrique* H*aa* et le *trapézoédrique* T*abc* du système du Longmynd.

A l'extrémité de cette zone schisteuse, la plus méridionale de l'Ardenne, le *bissecteur* DH rencontre la Vièvre et ensuite la Semoy qui en reçoit les eaux et qui semble se jouer dans de nombreux méandres, à tel point que notre cercle coupe six fois la même vallée dans une étendue de 7 kilomètres.

Le *bissecteur* entre près de Chassepierre sur le lias et sur les autres assises du terrain jurassique. Bientôt après il coupe la Chiers près du pont de Douzy, sur la route de Sedan à Verdun, et ensuite la Meuse à 1 kilomètre au-dessus de son confluent avec la Chiers. Il traverse obliquement la zone jurassique, où il s'adapte au promontoire saillant d'Omont. Abordant le terrain crétacé par le cap de Novy, il passe à la porte de Rethel, où il coupe l'Aisne près du confluent du Bourgeron, et il en suit le cours légèrement sinueux, pendant un assez long intervalle, dans lequel elle reçoit plusieurs petites rivières, dont les confluents sont très-voisins de notre cercle, particulièrement celui de la Suippe.

Après avoir coupé près d'Asfeld le *trapézoédrique* TI du système du mont Viso, le *bissecteur* rase le cours de l'Aisne à Pontavaire, au point où la craie disparaît et où la vallée s'engage dans les plateaux tertiaires de l'Île-de-France. Traversant la rivière à une dernière sinuosité qui l'éloigne vers le nord, il poursuit son cours sur les plateaux, rencontre bientôt la vallée de la Vèle qu'il traverse, à Braine-sur-Vèle, dans une légère inflexion, et coupe encore plusieurs petits cours d'eau tout près de leurs inflexions ou de leurs confluents. Rencontrant enfin au midi de Senlis le *trapézoédrique* TT*bbc* de l'Hécla, et au midi de Belloy le *diamétral* D*ac* du système du Forez, il va passer l'Oise, près de Conflans-Sainte-Honorine, au moulin de Fin-d'Oise, situé à 1 kilomètre au-dessus du confluent de cette rivière avec la Seine.

Bientôt après, tronquant la pointe méridionale de la montagne de l'Hautie, il passe la Seine à Triel, en côtoie quelque temps la vallée, coupe celle de la Vaucouleurs près de Courgent, au confluent des ruisseaux de Montchauvet et de Prunay-le-Temple, celle de la

Vesgre et celle de l'Eure près de la dernière inflexion que présente chacune d'elles, avant de se réunir au-dessous d'Anet, que notre *bissecteur* laisse à 1 kilomètre au N.-N.-O.

Entrant à Nonancourt dans la vallée de l'Aure, il s'y adapte presque jusqu'à sa naissance, comme précédemment à celle de l'Aisne, en coupant à Chennebrun le *trapézoédrique* T*la* du système du Morbihan. Il passe ensuite à la source de l'Iton et rase, au nord de Saint-Ouen, l'une des principales sommités du Perche, élevée de 250 mètres.

Il pénètre alors dans le bassin de la Sarthe; il coupe cette rivière à 2 kilomètres au-dessous du point où se réunissent ses principaux affluents, et en suit le cours à distance jusqu'à la hauteur d'Alençon. Passant à Essey, il côtoie au midi la terminaison des crêtes de la forêt d'Écouves et la masse allongée de porphyre quartzifère qui soulève et interrompt les quartzites, et pénètre dans les terrains anciens par la pointe du golfe qu'y forment les calcaires oolithiques de la plaine d'Alençon.

Notre cercle entre aussitôt dans un plexus compliqué de granite, de gneiss, de schistes et de quartzites siluriens dans lequel viennent se terminer les crêtes siluriennes des environs de Domfront, et qui est comme le nœud de la structure géologique de la contrée. Le *bissecteur* DH s'adapte avec précision à certains traits du tracé. Il passe à l'extrémité de la crête de quartzite de Prez-en-Pail, dont il laisse à 2 kilomètres vers le N.-N.-O. la cime principale, qui est élevée de 417 mètres et qui est le point culminant de la presqu'île de Bretagne et même de toute la France occidentale au nord de la Loire.

Laissant à 25 kilomètres dans le S.-S.-E. les collines des Cœvrons, dont la direction diffère peu de la sienne, il coupe à angle droit, près du Ribay, comme on l'a déjà dit, le *trapézoédrique* T*b* du système de la Vendée, et il traverse la Mayenne dans la ville même de ce nom, au confluent d'un ruisseau, après avoir rasé la pointe méridionale de la masse de granite de Lassay et la pointe occidentale du terrain silurien de la Chapelle.

Au delà de Mayenne, le *bissecteur* s'adapte encore avec beaucoup de précision aux contours des roches métamorphiques et de deux masses de granite et au cours supérieur de la Vilaine, qu'il coupe deux fois, à deux confluents. Passant ensuite à 1 kilomètre au nord de Château-Giron, il s'adapte aux accidents de la vallée de la Seiche et de ses affluents, et il coupe la Vilaine une troisième fois à 2 kilomètres au-dessous du point de réunion des deux rivières. Il va enfin couper l'Aff au confluent qui se trouve au midi de Guer, et, après avoir rencontré près de Reminiac l'*hexatétraédrique* H*baab* de Nontron, il coupe encore l'Oust au pont de Malestroit, à la naissance de l'une de ses inflexions; de sorte que, dans tout le bassin intérieur de la Bretagne, les différents cours d'eau que rencontre notre cercle portent l'empreinte de son influence.

Traversant ensuite les zones granitiques et schisteuses du Morbihan, il coupe la rivière d'Auray et celle de Crach, chacune à son principal embranchement; il passe à 2 ou 3 kilomètres au nord des célèbres monuments celtiques de Carnac, et il entre dans l'Océan à la naissance de la presqu'île de Quiberon. Il laisse à 16 kilomètres dans le S.-S.-E. la pointe septentrionale de Belle-Île, dont on ne lui a donné le nom que comme moyen commode de désignation.

Dans l'Océan, il traverse les Açores en passant à 26 kilomètres en dehors de la pointe S.-O. de San-Miguel et en laissant les îles de Santa-Maria et de Formigas à une distance plus considérable encore dans le S.-O. Il aborde enfin le continent américain par le littoral de la Guyane, et, passant au point H situé dans les plaines du Beni, il traverse les Andes dans le nœud de Couzco et entre dans l'océan Pacifique par les côtes du Pérou.

Du côté opposé, le *bissecteur* DH, traversant au delà du Vogelsberg les plaines triasiques où coulent la Fulda et la Verra, aborde le Thüringerwald par le point où le porphyre micacé de M. Bernard Cotta se ramifie près de Bernbach, et, d'après la belle carte du savant professeur de géologie de Freiberg, il le traverse en

coupant ou en effleurant plusieurs hautes montagnes de porphyre quartzifère, notamment le Schützenberg, élevé de 913 mètres. Il rentre ensuite sur le muschelkalk et le grès bigarré, et, passant à certains angles de leurs contours, arrive au point D, centre du pentagone européen, près de Remda.

Tracé au delà de Remda sur la carte géologique générale de la Saxe au $\frac{1}{370,000}$, par M. le professeur C.-F. Naumann, publiée sous la direction de l'Académie des mines de Freiberg, notre cercle poursuit son cours sur le muschelkalk et le grès bigarré, et il va couper l'Elster à Gera, puis la Pleisse à Rara, dans les parties de peu d'étendue où l'une et l'autre rivière coulent sur le zechstein. Plus loin, il passe au confluent de la Zwick-Mulde et de la rivière de Chemnitz, en s'adaptant, à Göhren, à un accident des contours du granite et du granulite, et, traversant le massif de granulite situé au nord de Mittweida, il en sort en coupant la petite masse de serpentine de Greifendorf. Il coupe enfin la Freib-Mulde un peu au-dessus de Nossen, au point où le granite et le micaschiste se terminent dans les grauwackes.

Traversant le massif de granite qui s'étend vers Meissen, il passe l'Elbe dans l'inflexion qui l'amène à Nieel, et il poursuit son cours au nord de Bautzen en suivant d'une manière générale la limite presque indécise suivant laquelle le granite, la grauwake et la formation à lignites disparaissent sous le terrain erratique. Dans les plaines de la Pologne, notre cercle traverse la Vistule au-dessus de Varsovie, près du confluent de la Pilica, et ensuite les marais de Pinsk en suivant à peu près la ligne du Prypet. Son cours dans ces contrées et dans l'intérieur de l'Asie, dont il sort par l'empire d'Annam pour passer au point H de la mer de la Chine, n'a pas encore été étudié.

Il mériterait de l'être, car, ainsi qu'on vient de le voir, le *bissecteur* DH s'adapte, depuis les côtes de Bretagne jusqu'en Pologne, à une foule d'accidents de la surface terrestre qui, sans être très-considérables, le jalonnent cependant avec netteté. Rien ne démontre

néanmoins, quant à présent, l'existence d'un système de montagnes dont il pût être le *grand cercle de comparaison*, et il semblerait être du nombre des cercles qui ne sont dessinés sur la surface du globe que par l'effet des lois de la symétrie.

Hexatétraédrique H*baab (système des Alpes principales.)*

Le cercle inscrit au vingt-quatrième rang dans le tableau des 183 intersections est l'*hexatétraédrique* H*baab*, représentant du système de la chaîne principale des Alpes, du Valais en Autriche.

Ce grand cercle, qui est l'homologue de l'*hexatétraédrique* H*baab* de Nontron, dont nous nous sommes occupé ci-dessus, page 212, va du point *a* voisin de Minorque au point *a* qui tombe en Turquie au sud de Nissa. D'après les conditions de la symétrie pentagonale, il passe en même temps au point *b* qui tombe dans l'océan Atlantique, près de l'île de Porto-Santo, au point *b* situé dans le Daghestan, près de Derbend, et au point H de la mer de la Chine, ainsi qu'aux antipodes de ces cinq points.

L'*hexatétraédrique* H*baab* est perpendiculaire au *primitif* de l'Etna (système du Ténare), et il a pour pôles les deux points où ce cercle est coupé simultanément par les deux *bissecteurs* IH et les deux *bissecteurs* DH auxquels les points *a* et *b* appartiennent comme pôles. Ces intersections quintuples sont très-exactement figurées dans le tracé de M. Laugel, l'une dans l'océan Austral, à l'O. de l'île du Prince-Édouard, et l'autre dans l'océan Pacifique, au S. de l'Amérique russe.

Il aborde le cadre supplémentaire de la carte géologique de la France, dans lequel se trouve la Corse, par le côté oriental, et il traverse seulement la pointe méridionale extrême de cette île. Il tronque vers le sud, de 1 à 2 kilomètres, le petit massif granitique du cap Capricciolo, qui serait une île à part s'il n'était réuni à l'île principale par le dépôt pliocène très-plat sur lequel se trouve la ville de Bonifacio, qui reste à 2 kilomètres au N.-N.-O. Notre

cercle laisse au sud la petite île del Cavallo et les autres écueils granitiques qui rendent dangereuse la navigation des bouches de Bonifacio, aussi bien que l'île granitique d'Asinara, qui se rattache à la Sardaigne.

A l'entrée orientale du détroit, il coupe le *trapézoédrique* TI du système du mont Viso, et il va passer au point *a* situé dans les parages de Minorque.

Dans la Méditerranée, notre cercle longe les côtes septentrionales de Minorque et de Majorque, qui sont les parties les plus montueuses de ces îles. Il laisse à 11 kilomètres de distance le pied de la chaîne qui, à Majorque, joint le cap Formenton au cap Dragonera, chaîne à l'axe de laquelle il est à peu près parallèle.

Il aborde l'Espagne entre le cap San-Antonio et l'Albufera de Valence, à peu près par l'embouchure du Jucar, et, passant dans les montagnes qui séparent le royaume de Murcie de la Manche, il remonte la vallée de la Segura pour descendre ensuite le Guadalimar. Il atteint le Guadalquivir au coude qu'il forme au-dessus d'Andujar, et vers lequel convergent tous les torrents de la partie orientale de l'Andalousie. Laissant les deux villes d'Andujar et de Séville à 10 ou 12 kilomètres au N.-N.-O., il suit la belle et large vallée qui sépare les dernières pentes de la Sierra-Morena de celles de la Sierra-Nevada, et, pénétrant dans l'océan Atlantique entre l'embouchure du Guadalquivir et celle de la Guadiana, il se dirige vers le point *b* voisin de l'île de Porto-Santo. Traversant ensuite l'île de Madère, il va aborder l'Amérique méridionale par les côtes de la Guyane et passer au point H situé dans les plaines du Beni, pour couper les Andes dans le nœud de Couzco et entrer dans l'océan Pacifique par la côte du Pérou.

Dans la direction opposée, l'*hexatétraédrique* H*baab* aborde l'Italie par la côte de l'État pontifical, entre Ostie et Cività-Vecchia. Il passe à 7 kilomètres au N.-N.-O. de Rome et traverse le Tibre à 2 kilomètres au-dessus du confluent du Teverone, dont il rase ensuite l'inflexion principale au-dessus de Vicovaro. Il coupe oblique-

ment les Apennins, en laissant, à Alba le lac Fucino à 4 kilomètres au sud, et il franchit la Pescara au-dessus de Pepoli, presque exactement à son confluent avec la rivière de Sulmona.

Traversant ensuite l'Adriatique, il laisse à 13 kilomètres seulement au sud l'îlot de Pelagosa, la plus septentrionale des petites îles qui s'avancent vers l'E.-N.-E. au nord du promontoire de Monte-Gargano. Il rase la pointe S.-E. de Meleda, la plus méridionale des îles qui bordent la côte de la Dalmatie, devenue célèbre, il y a quelques années, par la fréquence des tremblements de terre qui l'agitaient. Il entre enfin sur la terre ferme, près du port de Malfi, situé un peu au nord de Raguse, et il traverse l'Herzégovine, en passant approximativement à la forteresse de Trebigne.

Dans l'intérieur de la Turquie d'Europe, l'*hexatétraédrique* H*baab*, assujetti à passer au point *a* au S.-E. de Nissa, traverse la Bulgarie en côtoyant le pied septentrional des Balkans, et passe un peu au nord de Schumla et de Varna, pour entrer dans la mer Noire en rasant au sud le cap Gulgrad. On voit par là que la chaîne des Balkans est moins isolée qu'elle ne le paraît dans l'Europe méridionale; car elle est la continuation d'une série de traits orographiques que notre cercle côtoie depuis l'Océan jusqu'à la mer Noire en les laissant tous un peu au sud : la Sierra-Nevada de Grenade, les montagnes septentrionales des îles Baléares, les montagnes septentrionales de la Sardaigne, auxquelles on peut ajouter les sept collines de Rome et le plateau sous-marin qui sans doute sert de base à l'îlot de Pelagosa et à ceux qui l'accompagnent. Il suffit de continuer à suivre notre cercle pour voir que cette crête interrompue est située dans le prolongement de celles du Caucase et de l'Himalaya.

Entrant dans la mer Noire un peu au sud du cap Gulgrad, l'*hexatétraédrique* H*baab*, dont la direction est ici à peu près de l'E. à l'O., la traverse dans sa plus grande longeur et à peu près dans son milieu. Il en sort au pied oriental du Caucase, et, pour atteindre le point *b* situé dans le Daghestan, à l'extrémité opposée de cet imposant groupe de montagnes, il suit à peu près la ligne des cimes

culminantes d'origine récente et volcanique l'Elbruz, le Kasbek et le Pasinta.

Au delà de la mer Caspienne, il traverse le Turkestan en effleurant, au sud de Boukhara, les sinuosités du cours de l'Amou-Déria, et il aborde le grand massif montagneux de l'Asie centrale dans la région où se réunissent l'Hindoo-Coosh, le Bolor et le Kuen-lun.

Tracé sur la carte géologique de l'Inde par M. Greenough, il traverse les gneiss et les granites du Kaufiristan, où il rencontre obliquement les chaînes de Kotul-Lahori et des Laram-Mountains. Il y coupe, près de leurs sources, les affluents de la rivière de Kabool, qui, suivant à peu près sa direction, se jette dans l'Indus au point où les eaux de ce fleuve sortent des terrains cristallins pour entrer dans les terrains sédimentaires du versant méridional de l'Himalaya.

L'*hexatétraédrique* H*baab*, ainsi qu'on l'a dit précédemment, page 89, franchit l'Indus à sa sortie des gorges profondes dans lesquelles ce grand fleuve, se détournant vers le S.-O., traverse la chaîne granitique, et non loin de son point d'intersection avec le *dodécaédrique régulier du Spitzberg et du lac Supérieur*. Il s'engage alors dans la partie centrale de la chaîne et se dirige vers les sources de l'Indus en formant la corde de la courbe peu flexueuse, sauf le coude de Karakorum, que décrit ce fleuve depuis sa naissance, et en suivant une direction presque parallèle à plusieurs longues sections des parties supérieures de son cours.

Parcourant dans sa longueur la partie médiane de l'Himalaya qui retient au nord le haut Indus, notre cercle coupe la rivière Jailum au coude qu'elle forme à sa sortie de la vallée de Kashmir, qu'il laisse en grande partie au nord. Plus loin, il pénètre dans la vallée du Chenab, qu'il remonte jusqu'aux sources de cette rivière, en côtoyant le pied méridional de la crête qui sépare ses affluents de ceux de l'Indus. Entrant ensuite dans les vallées tributaires de celle du Sutledje, il suit encore la même crête, dans le prolongement de laquelle il passe au mont Purguil, élevé, d'après M. Grec-

nough, de 22,700 pieds anglais (6,919 mètres). Cette crête centrale, derrière laquelle se trouve la source de l'Indus, s'interrompt à plusieurs reprises pour donner passage à des affluents d'un ordre secondaire. Elle est presque exactement parallèle au cours supérieur du Sutledje, pris dans son ensemble, depuis sa naissance jusqu'au point où, se détournant subitement, comme le fait plus à l'ouest l'Indus, il se dirige vers les plaines du Punjab par les défilés sauvages dont Victor Jacquemont a donné une si saisissante description. Cette même crête aboutit au lac Rawan-Hrada, d'où sort le Sutledje, et que notre cercle traverse pour couper immédiatement après le lac sacré de Manasarawar, d'où sort le Sanpoo, autre grande rivière qui coule dans une direction peu différente de celle du Sutledje, mais dans un sens opposé, pour aller se jeter dans le Brahmaputra. Dans la vallée de cette dernière rivière, non loin de son origine, notre cercle coupe simultanément, comme on l'a dit précédemment, page 100, l'*octaédrique du lac Baïkal et de l'île du Prince-Édouard* et un *dodécaédrique rhomboïdal*. C'est là, pour ainsi dire, le cœur des montagnes comprises entre l'Inde et la Chine.

L'*hexatétraédrique* H*baab* s'adapte avec une remarquable précision aux traits fondamentaux de la structure orographique de tout l'Himalaya occidental. Il laisse au S.-S.-O., à 80 ou 100 kilomètres de distance, la ligne des hautes cimes neigeuses qu'on admire des plaines du Bengale, et qui comprend les colosses du Jawahir, 22,385 pieds anglais (6,823 mètres), et du Dhawalagiri, 27,500 pieds anglais (8,383 mètres); mais il laisse au N.-N.-E. d'autres montagnes moins connues, quoique plus hautes encore peut-être, telles que celles de Karakorum. Il laisse de même au N.-N.-E., à environ 90 kilomètres de distance, le Kunchinjunga, élevé de 28,178 pieds anglais (8,617 mètres).

Dans tout l'intervalle depuis l'Hindoo-Coosh jusqu'au Dhawalagiri, l'*hexatétraédrique* H*baab* présente un parallélisme général avec les limites des différents terrains figurés sur la carte de M. Greenough. A l'E. du Dhawalagiri, la direction semble changer et se

rapprocher de la ligne E.-O., ce qui éloigne de notre cercle le massif de l'Himalaya oriental, qui paraît former un système à part. Laissant à l'écart cette masse divergente, l'*hexatétraédrique* se rapproche des plaines, mais en passant encore aux points culminants de trois massifs granitiques, dont l'un est élevé de 24,000 pieds anglais (7,315 mètres), et qui, bien que liés à l'Himalaya oriental, se trouvent, en fait, dans la prolongation des crêtes intérieures de l'Himalaya occidental situées entre l'Indus et le Sutledje. On peut ajouter que le massif granitique du Kunchinjunga, tel qu'il est dessiné sur la carte de M. Greenough, présente des formes qui permettraient de le rattacher encore à l'Himalaya occidental aussi bien qu'à l'Himalaya oriental. Ces différentes circonstances tendent à prouver que les directions de l'Himalaya occidental et de l'Himalaya oriental se coupent sans se confondre.

L'*hexatétraédrique* H*baab* sort ainsi de l'Himalaya, après y avoir cheminé pendant un intervalle de 2,000 kilomètres (500 lieues), en formant la ligne médiane d'une zone de moins de 100 lieues ou 400 kilomètres de largeur, qui renferme les cimes les plus élevées de la terre, et en restant constamment en harmonie avec la structure orographique et géologique de cette énorme chaîne, telle qu'elle est figurée sur la belle carte de M. Greenough. Je regrette de n'avoir pu le tracer encore sur les cartes qui représenteront le résultat des mémorables voyages de MM. Schlagintweit.

En sortant des régions élevées de l'intérieur, notre cercle côtoie la vallée du San-Kosi, qui tombe dans le Gange près du point où ce fleuve se détourne vers le sud, et il entre dans les plaines au débouché de la vallée du Teesla, qui va se jeter dans le Brahmaputra au milieu du delta commun des deux fleuves.

Traversant les grandes plaines où se mêlent les alluvions du Gange, du Brahmaputra et de leurs affluents, l'*hexatétraédrique* H*baab* coupe le Brahmaputra au confluent du Machoo, et, sur la rive gauche de ce fleuve, il atteint l'extrémité orientale de la chaîne des Garrow-Hills. Là, comme on l'a vu précédemment, page 102,

il coupe simultanément l'*octaédrique des Garrow-Hills*, un *dodécaédrique rhomboïdal*, un *bissecteur* IH et le *trapézoédrique* TD*b* du système du Finistère. En passant à ce croisement quintuple, de même qu'au croisement triple signalé ci-dessus dans la vallée du Sanpoo, notre cercle prend part à deux des coïncidences qui mettent le plus vivement en lumière l'adaptation du réseau pentagonal à la structure de l'Inde.

L'*hexatétraédrique* H*baab* parcourt ensuite la presqu'île orientale de l'Inde, et, poursuivant son cours dans les îles de la Sonde et dans l'hémisphère austral, il traverse Bornéo, Celèbes, la Nouvelle-Hollande et la Nouvelle-Zélande, en présentant, d'après le tracé de M. Laugel, toutes les apparences d'une adaptation précise, qui toutefois ne le rattacherait pas à des accidents géologiques comparables en importance à ceux qui viennent de nous occuper. Mais le temps et l'espace me manquent pour en compléter ici la monographie. Je me contente d'avoir constaté que, depuis Madère jusqu'au Brahmaputra, il est en parfaite harmonie avec les plus grands traits orographiques de l'ancien continent, qu'il y rencontre comme points de repère des montagnes colossales, et que, dans les parties où les détails de la topographie sont bien connus, il est jalonné par les éléments du relief terrestre avec autant de précision qu'aucun autre des cercles que nous avons étudiés.

Il nous reste à examiner si ce cercle, si largement appuyé sur les accidents orographiques et géologiques, remplit les conditions nécessaires pour être adopté comme *grand cercle de comparaison* du système de la chaîne principale des Alpes.

L'auteur de la *Notice sur les systèmes de montagnes* avait adopté, page 576, pour *grand cercle de comparaison provisoire* du système de la chaîne principale des Alpes un cercle partant d'un point M situé dans la Méditerranée, à 12 lieues environ au nord de Minorque, par lat. 40° 31′ 38″ N., long. 1° 52′ 16″ E. de Paris, et orienté en ce point vers l'E. 16° 25′ 17″ N. Le point M avait été pris à des distances égales du mont Blanc et d'un certain point I de l'Algé-

rie[1]. Ce choix, qui paraissait satisfaire à beaucoup de convenances, était cependant arbitraire, ainsi qu'on l'a remarqué page 648 de la *Notice*, et permettait un déplacement ultérieur.

Le point *a* voisin de Minorque tombe lui-même dans la Méditerranée, par lat. 40°39′14″55 et long. 3°23′4″36 E. de Paris; c'est-à-dire à environ un degré et demi à l'est du point M et presque sous la même latitude[2]. De là il résulte que le *grand cercle de comparaison provisoire*, partant du point M avec l'orientation E. 16°25′17″ N., passe au nord du point *a*. Il coupe le méridien du point *a* par 40°51′30″ de lat. N., ou à 0°12′15″45 au nord de *a*; distance très-petite et qui peut être considérée comme négligeable pour notre objet : de sorte que, si l'on fait partir le *grand cercle de comparaison* du point *a*, le déplacement sera insignifiant, et, par conséquent, les convenances générales qui ont fait choisir le point M continueront à être observées[3].

Au point où il coupe le méridien du point *a*, le *grand cercle de comparaison provisoire* est orienté vers l'E. 15°25′25″31 N. Si donc, parmi les cercles auxiliaires du réseau qui passent au point *a*, on en trouve un qui ait à peu près cette orientation, il pourra représenter le système de la chaîne principale des Alpes.

Or du point *a* part précisément l'*hexatétraédrique* H*baab*, qui fait avec le *primitif* de la Nouvelle-Zemble un angle de 54°29′12″. Le *primitif* étant orienté au point *a*, d'après le tableau page 1041 de la *Notice*, vers le N. 18°52′45″83 E., l'*hexatétraédrique* H*baab* est lui-même orienté en ce point vers le N. 73°21′57″83 E., ou, ce qui revient au même, vers l'E. 16°38′2″17 N. Il s'écarte par conséquent, vers le nord, de l'orientation du *grand cercle de comparaison provisoire* de 1°12′36″86.

Cette différence, en elle-même peu considérable, serait de moins d'un degré si l'auteur s'en était rapporté uniquement aux observations faites en Afrique par M. Renou; elle s'élèverait à un

[1] *Notice*, p. 574. — [2] *Notice*, p. 1112. — [3] *Notice*, p. 573 à 576.

degré et demi s'il s'en était tenu à l'ensemble des observations et des essais graphiques par lesquels il avait cherché depuis longtemps à déterminer la direction du système de la chaîne principale des Alpes[1]. D'un autre côté, il avait indiqué plus anciennement encore, pour représenter ce même système[2], un grand cercle mené du milieu de l'empire de Maroc au nord de l'empire des Birmans, et les observations de M. Newbold l'avaient ramené à considérer de nouveau ce cercle, qui, sous le méridien du point *a*, déclinerait vers le N. de l'E. d'environ 1° 20′ de plus que l'*hexatétraédrique* H*baab*.

On voit donc que ce dernier cercle est compris, quant à son orientation, dans les limites, éloignées de moins de 3°, entre lesquelles ont oscillé les tâtonnements successifs de l'auteur, et il y a d'autant moins lieu d'hésiter à l'adopter comme représentant du système des Alpes principales, que sa position sur la surface du globe paraît répondre parfaitement à toutes les convenances auxquelles doit satisfaire le grand cercle de comparaison de ce système.

L'auteur de la *Notice sur les systèmes de montagnes* faisait remarquer, page 582, qu'un grand cercle passant par la cime du Dhawalagiri et par la cime du Kasbek ou du Pasinta aboutirait à peu de distance du cap Saint-Vincent, extrémité des montagnes des Algarves et pointe S.-O. de l'Europe. On déterminerait aisément, ajoutait-il, un grand cercle qui passerait à moins de 25 kilomètres du Dhawalagiri, du Kasbek et du cap Saint-Vincent; et ce grand cercle ne différerait du *grand cercle de comparaison provisoire* partant du point M que d'une quantité insignifiante et dont il est presque toujours impossible de répondre dans une détermination de ce genre. Tous les accidents stratigraphiques et orographiques que nous avons rapportés au système de la chaîne principale des Alpes s'y rattacheraient, continuait-il, avec une exactitude et une symétrie étonnantes, bien propres à montrer que le hasard n'a pas seul

[1] *Notice*, p. 1114. — [2] *Notice*, p. 647.

présidé à la distribution des chaînes de montagnes sur la surface du globe[1].

Ces réflexions peuvent s'appliquer, et même avec plus de force encore, à l'*hexatétraédrique* H*baab*. Il laisse, à la vérité, le Dhawalagiri et le cap Saint-Vincent à plus de 25 kilomètres de distance, mais il ne s'en harmonise pas moins avec l'ensemble orographique dans lequel ces deux points, de même que le Kasbek et le Pasinta, ont leurs places naturelles. Il passe plus près que l'autre cercle du point de départ M voisin de Minorque, et il est beaucoup mieux jalonné par les accidents orographiques que ne pourrait l'être aucun des cercles que donnerait le tâtonnement indiqué, cercles qui, au surplus, seraient tous très-voisins de l'*hexatétraédrique* H*baab*.

Quant au système des Alpes principales considéré en lui-même, l'adoption comme *grand cercle de comparaison* de l'*hexatétraédrique* H*baab* n'introduit aucun changement à ce qui en a été dit dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, page 562 et ailleurs. (Voir la table de l'ouvrage.)

Je dois seulement rappeler ici que c'est pendant la rédaction de la *Notice sur les systèmes de montagnes* que l'auteur a séparé du système de la chaîne principale des Alpes celui de l'axe volcanique de la Méditerranée. Jusque-là, et par conséquent dans une grande partie du cours de l'ouvrage, il les avait réunis en un seul; mais il avait employé successivement pour ce système *deux grands cercles de comparaison provisoires* différents, l'un allant du milieu de l'empire de Maroc au nord de l'empire des Birmans[2], l'autre partant des parages de Minorque et se dirigeant vers l'E. 16° 25′ 17″ N.[3] Ces deux grands cercles régularisés par la symétrie pentagonale sont devenus, l'un le *dodécaédrique rhomboïdal*, axe volcanique de la Méditerranée, qui passe aux portes de Carthage, et l'autre l'*hexatétraédrique* H*baab*, qui passe aux portes de Rome. (Voir ci-dessus, p. 168 et 395.)

[1] *Notice*, p. 583. — [2] *Notice*, p. 648. — [3] *Notice*, p. 576.

Trapézoédrique TD*b* *(système du Finistère).*

Le cercle placé au vingt-cinquième rang dans le tableau des 183 intersections est le *trapézoédrique* TD*b*, représentant du système du Finistère.

Ce grand cercle est assujetti à passer au point T qui tombe dans l'océan Atlantique, à l'est de l'île de la Trinité, et au point D, centre du pentagone européen, situé près de Remda, en Saxe; condition qui l'assujettit à passer aussi au point *b* situé dans la Grande Boukharie, près de la ville de Samarkande, ainsi qu'aux antipodes des trois premiers points. Il a pour pôles les intersections communes des trois grands cercles auxquels ces six points appartiennent comme pôles, intersections qui sont figurées dans le tracé de M. Laugel, et qui tombent, l'une dans l'océan Austral, au sud de la colonie du Cap, près du banc du Télémaque, et l'autre dans l'océan Pacifique, au nord des îles Sandwich.

Le *trapézoédrique* TD*b* entre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté oriental. Traversant d'abord les basaltes du Vogelsberg, d'où il sort par la dentelure que détermine dans leur contour la vallée de Grünberg, il passe la Lahn au-dessus de Weilburg, à l'entrée de l'un de ses principaux méandres, et, cheminant sur les terrains schisteux du Nassau, il rase au midi le district basaltique du Westerwald.

Après avoir coupé le *trapézoédrique* T*a* du système du Vercors, il effleure, vers le midi, les remparts d'Ehrenbreitstein et de Coblentz, passe le Rhin précisément à l'endroit (mal placé sur le tableau d'assemblage) où ce fleuve s'engage entre les deux forteresses, à 1 kilomètre au-dessus du confluent de la Moselle, et la Moselle elle-même au point où sa vallée, jusque-là fort encaissée, sort des coteaux du terrain schisteux pour entrer dans le bassin alluvial de Coblentz.

Pénétrant directement dans les parties les plus élevées de l'Eifel,

où il s'adapte avec beaucoup de précision aux accidents des cours d'eau, notre cercle passe à 2 kilomètres au sud de Mayen, en laissant au nord les petits cratères et les coulées de laves qui avoisinent cette ville et tous les produits volcaniques qui entourent le lac de Laach. Plus loin, il traverse la Kyll, à l'une de ses inflexions les plus prononcées, et il passe à 1 kilomètre au nord de la ville de Gerolstein, en laissant à peu de distance au nord les petits volcans et le gîte fossilifère qui en portent le nom. Passant ensuite à 2 kilomètres au midi de Prum, il s'adapte à l'une des principales inflexions de la rivière du même nom, et va couper le *trapézoédrique* T*abc* du système du Longmynd en un point déjà cité, page 337, qui tombe dans la vallée de l'Our, au sommet de l'un de ses principaux méandres.

Poursuivant son cours à travers l'Ardenne, le *trapézoédrique* TD*b* coupe au S.-E. de Houffalize, comme on l'a déjà dit, page 300, l'*hexatétraédrique* H*aa*, et s'adapte ensuite à une section assez étendue de la vallée de l'Ourt, dont il se sépare à l'une de ses inflexions les plus prononcées. Il laisse à 1 kilomètre au nord la ville de Saint-Hubert, et, s'adaptant toujours approximativement, dans ces parties élevées de l'Ardenne, aux accidents des cours d'eau, il entre sur le territoire français en rasant au sud la sommité des Haies-d'Hargnies, élevée de 492 mètres, et au nord celle de la Grande-Croix, qui en a 490. Il traverse le cours de la Meuse au milieu des méandres qu'elle forme aux environs de Laifour et de Revin, où des veines porphyriques ont été observées dans les schistes[1], méandres à la suite desquels elle se détourne subitement vers le nord. Passant ensuite à une faible distance au midi de la ville de Rocroy, élevée encore de 386 mètres, il sort de la région ardoisière, entre Maubert-Fontaine et Signy-le-Petit, en coupant les premiers affluents de la Sormonne, qui se jette dans la Meuse à Charleville.

[1] *Explication de la carte géologique de la France*, p. 258.

Il entre alors dans le bassin de l'Oise, où plusieurs cours d'eau suivent à peu près sa direction, et, après avoir coupé, au midi de Vervins, le *trapézoédrique* TI du système du mont Viso, il passe à Lugny, près du confluent de la Brune et du Vilpion. Bientôt après il traverse l'Oise au nord de la Fère, à 4 kilomètres au-dessus du confluent de la Serre, où la craie disparaît au-dessous des terrains tertiaires.

Coupant ensuite le canal de Crozat, par lequel la navigation franchit le faîte qui sépare l'Oise de la Somme, il parcourt dans sa longueur, au nord de Chauny et de Noyon, la région des lignites soissonnais. Il en sort près de Maignelay, et rencontre sur la surface de la craie le *trapézoédrique* TT*bbc* de l'Hécla et le *diamétral* D*ac* du système du Forez.

Il traverse ensuite la protubérance démantelée du pays de Bray, où il rase avec précision, à Hodenc-en-Bray, l'extrémité dénudée de la voûte jurassique qui en forme le noyau. Il en sort par l'une des principales déchirures de son flanc méridional, en coupant l'Epte à Neuf-Marché, au point où le terrain crétacé inférieur s'enfonce sous la craie, combinaison analogue à celle du *diamétral* D*c* du système des Alpes occidentales, sortant du cirque allongé qui entoure le mont Blanc par la déchirure de Courmayeur, où il passe la Doire-Baltée.

Le *trapézoédrique* TD*b*, traversant les plateaux élevés de la forêt de Lyons, coupe ensuite, à Menesqueville, au point où elle forme un coude en recevant un ruisseau, la petite rivière de Lieure encaissée dans la craie. La Lieure est un affluent de l'Andelle, dont notre cercle rencontre la vallée à Fontaine-Guérard, pour la suivre jusqu'au point où elle s'unit à celle de la Seine, au pied de la côte des Deux-Amants. Ici la Seine prend la direction de l'Andelle, qu'elle conserve jusqu'à Elbeuf, après avoir, dans l'intervalle, reçu l'Eure au-dessus du Pont-de-l'Arche. A Elbeuf, où passe notre cercle, la Seine forme un crochet très-aigu, et, réfléchie par les falaises de craie d'Orival, elle revient sur elle-même

jusqu'à Oissel, retour qui forme le commencement de la magnifique série de méandres qui conduit le fleuve jusqu'à la mer.

L'Eure et la Seine prenant la direction de l'Andelle rappellent l'Ill et le Rhin prenant, aux environs de Strasbourg, la direction de la Bruche (voir ci-dessus, p. 370), tandis que notre cercle, qui suit cette direction commune de Fontaine-Guérard à Elbeuf sur une longueur de 27 kilomètres, et qui, dans cet intervalle, rencontre deux confluents de rivières et deux villes d'une certaine importance, joue un rôle analogue à celui que joue, à Strasbourg, le *trapézoédrique* T*c* du système du Hundsrück. Mais ici le phénomène a quelque chose de plus frappant, parce que les vallées sont profondément creusées dans la craie, dont il est naturel de supposer que l'affouillement a été dirigé par quelque disposition stratigraphique de la craie elle-même dérivant des accidents stratigraphiques beaucoup plus anciens du système du Finistère. Quoi qu'il en soit de cette hypothèse, notre cercle s'adapte ici à une forme hydrographique bien caractérisée, qui lui fournit un repère des plus remarquables.

Il faut ajouter qu'il passe, à peu de distance du pont de l'Arche, près de l'entrée du tunnel de Tourville, dans lequel le chemin de fer de Paris au Havre franchit le cap crayeux que la Seine contourne à Elbeuf. Au delà d'Elbeuf, notre cercle passe la Rille près du Bec-Hellouin, et ensuite la Touques un peu au-dessus de Lisieux, à 1 kilomètre environ du confluent de la rivière d'Orbec.

En s'éloignant de Lisieux, le *trapézoédrique* TD*b* remonte le vallon que suit le chemin de fer de Paris à Cherbourg, et il passe à l'entrée orientale du souterrain de la Motte, par lequel la voie ferrée traverse le seuil élevé qui sépare la vallée de la Touques de celle de la Vie. Sur le bord de cette dernière rivière, près du confluent d'un ruisseau, notre cercle, comme on l'a vu ci-dessus, p. 250, rencontre le *trapézoédrique* TI*a* du système du Morbihan, au pont-viaduc du Mesnil-Mauger. Côtoyant quelque temps le chemin de fer, l passe la Dives à une petite distance du pont-viaduc situé près de

l'ancienne abbaye de Sainte-Barbe, au-dessus de Mézidon, qui a été, dit-on, autrefois, un passage de rivière fortifié. Plus loin, continuant son cours sur la plaine de calcaire oolithique, il passe le Laison à Vieux-Fumé (*Vadum Fumii*), qui fut aussi, à l'époque gallo-romaine, un passage de rivière stratégique. Il coupe la Laize à Urville, dans un angle très-prononcé de sa vallée, déterminé par les accidents du terrain paléozoïque dans lequel son fond est creusé, et il quitte le terrain calcaire en passant l'Orne à Harcourt, au point où, d'après l'excellente carte géologique du Calvados par M. de Caumont, cette rivière commence à former un méandre en sortant des quartzites siluriens.

Sur la rive gauche de l'Orne, notre cercle traverse obliquement la bande de terrain silurien qui s'étend de Falaise à Coutances. Il y passe sur la bruyère du Plessis-Grimoult, où il laisse au N.-N.-O., à 2 kilomètres de distance, le mont Pinçon, point culminant du département du Calvados, élevé de 359 mètres. Il y coupe près de Montchauvet, comme on l'a vu précédemment, page 284, le *trapézoédrique* T*b* du système de la Vendée, et il en sort en passant la Vire un peu au-dessous de la Graverie, c'est-à-dire au point où sa vallée s'engage dans le terrain silurien. Cette réunion de circonstances forme une combinaison très-déterminée, qui constitue pour notre cercle un repère bien caractérisé.

Le mont Pinçon étant le point le plus élevé du Bocage du Calvados, en même temps que la Haie-d'Hargnies et la Grande-Croix sont les points les plus élevés de l'Ardenne française, on comprendra, par un coup d'œil jeté sur la carte, que le *trapézoédrique* TD*b*, en joignant ces deux proéminences, représente, sinon la partie la plus étroite, du moins l'un des traits caractéristiques de l'étranglement qui divise en deux parties le grand bassin secondaire dont Paris et Londres sont les deux centres. (Voir l'*Explication de la carte géologique de la France*, t. II, p. 590.)

Continuant son cours sur les schistes antésiluriens, notre cercle rase le promontoire granitique de Cherencé, effleure le terrain silu-

rien de Villedieu, et pénètre dans la baie du Mont-Saint-Michel, en entamant, sur une profondeur de 1 à 2 kilomètres, le massif granitique qui aboutit à Carolles.

Il aborde la Bretagne par la pointe de Cancale. Cette pointe, dont le côté oriental est formé de schistes métamorphiques, et le côté septentrional de syénite, a un noyau granitique terminé en pointe vers le N.-E., dont M. Dufrénoy a dessiné le contour avec beaucoup de soin. Notre cercle passe à la pointe de ce noyau granitique et en suit avec précision la limite septentrionale. Il arrive ainsi à Saint-Malo, et il rase l'enceinte de cette ville au S.-S.-E. du côté qui regarde Saint-Servan.

De Saint-Malo à Saint-Brieuc la côte est formée de roches anciennes de natures diverses, dont les configurations se rattachent principalement à la direction du système du Hundsrück. Notre cercle s'adapte cependant à plusieurs des anfractuosités de leurs contours, et au midi de Saint-Brieuc il s'identifie avec la limite du granite et du schiste antésilurien. Pénétrant dans le massif granitique de Quintin par son angle oriental, il en côtoie intérieurement la lisière S.-S.-E. Il coupe à l'O.-N.-O. de Quintin, sur la ligne de faîte du granite, l'*hexatétraédrique* H*baab* de Nontron, et il en sort par son extrémité O.-S.-O. au pied de la montagne schisteuse de Kergrist, élevée de 301 mètres.

Entrant alors dans le bassin silurien et dévonien de la rade de Brest, où coulent la rivière d'Aune et ses affluents, notre cercle traverse la ville de Carhaix et s'adapte à quelques accidents hydrographiques dont le détail nous retiendrait trop longtemps. Il sort du bassin par le seuil peu élevé que traverse la route de Brest à Quimper, en passant entre les extrémités des chaînes de natures et de directions différentes des montagnes Noires et de Crozon. Il en marque la limite commune, à peu près comme le *primitif* de la Nouvelle-Zemble marque celle qui sépare l'Esterel et les Maures de la côte de Nice et de Monaco.

Le *trapézoédrique* TD*b*, effleurant ensuite l'extrémité S.-E. de la

baie de Douarnenez, entre dans la presqu'île granitique qui aboutit à la pointe du Raz et à la chaussée de Sein. La structure de cette presqu'île porte l'empreinte d'un système différent de celui du Finistère. Cependant notre cercle, qui y traverse les deux villes de Douarnenez et de Pont-Croix, et qui s'y adapte aux extrémités et aux inflexions de plusieurs masses minérales, montre, par la manière dont il s'harmonise avec certains traits orographiques et hydrographiques, qu'il n'est pas étranger à l'accidentation de la contrée. Il entre enfin dans l'océan Atlantique par la pointe granitique qui termine au S.-E. l'anse du Loch.

Dans l'Océan, notre cercle traverse l'archipel des Açores en rasant ou effleurant les îles de Terceire, de San-Jorge et de Pico, c'est-à-dire en touchant trois des neuf îles principales qui le composent, condition qui ne peut être remplie que suivant des directions comprises dans des zones assez étroites, et nulle part dans un espace aussi restreint.

Dans une étendue de 74 kilomètres, notre cercle coupe d'abord les bas-fonds qui entourent Terceire en touchant les roches Serreta, qui, d'après les cartes de l'*Hydrographical Office,* sont à 4 kilomètres et demi au N.-O. de la pointe du même nom; puis il tronque de 4 kilomètres et demi l'extrémité S.-E. de San-Jorge, en passant à la naissance de la pointe Vinhas et au pied S.-O. de la montagne élevée de 558 mètres qui en est voisine; et il rogne enfin de 3 kilomètres la pointe S.-E. de l'île de Pico, où il laisse en dehors le dernier des petits cratères qui s'y élèvent en grand nombre.

Dans l'intervalle entre Terceire et San-Jorge, notre cercle coupe le *bissecteur* IH qui, comme on l'a vu page 197, suit le long canal qui divise les Açores en deux groupes, et rase, à une faible distance, sans la toucher, l'extrémité orientale de San-Jorge. Cette combinaison a beaucoup de ressemblance avec celle à laquelle donnent lieu dans les Pyrénées, comme on l'a vu pages 260 et 343, le *diagonal* I*b* du système du mont Serrat et le *trapézoédrique* T*abc* du système du Longmynd.

Il passe ensuite au point T situé à l'E. de l'île de la Trinité, atteint les côtes de l'Amérique méridionale dans le delta de l'Orénoque et se prolonge dans l'intérieur de la Guyane, au milieu de roches cristallines et schisteuses qui ne sont pas dépourvues d'analogie avec celles de la Bretagne. Coupant enfin la chaîne des Andes, au nœud de Pasco, près des sources de l'Amazone, il entre dans l'océan Pacifique, un peu au N. de Lima.

Du côté opposé, au delà du Vogelsberg, le *trapézoédrique* TD*b* traverse les plaines de trias de la Hesse, en coupant la Fulda et la Verra, chacune à une inflexion de son cours. Il aborde ensuite le Thüringerwald par la sinuosité que déterminent dans son contour le Stillerstein et une autre montagne de porphyre quartzifère. D'après la carte de M. Bernard Cotta, il rase au nord et au sud, vers le milieu de ce groupe montagneux, les deux cimes porphyriques presque jumelles du Donnershang, élevé de 906 mètres, et du Greifenberg, élevé de 913 mètres, et il en sort au débouché de la vallée de la Wilde-Gera. Traversant ensuite les plateaux triasiques, il atteint près de Remda le point D, centre du pentagone européen.

Continuant son cours sur le trias, il passe la Saale à Kahla et coupe le petit lambeau isolé de muschelkalk qui existe sur sa rive droite. Tracé sur la carte géologique générale de la Saxe à l'échelle de $\frac{1}{370.000}$ par M. le professeur C.-F. Naumann, il passe l'Elster un peu au-dessus de Zwolzey, où elle sort du terrain de schiste argileux et effleure sur sa rive droite la pointe du lambeau de grès rouge qui s'y avance vers le sud. Au-dessus de Gössnitz, il coupe la Pleisse en rasant sur ses deux rives les contours de plusieurs lambeaux de grès rouge et d'une protubérance schisteuse. Au-dessous de Waldenburg, il atteint la Zwick-Mulde dans une de ses principales inflexions, et pénètre, par l'un de ses angles les plus prononcés, dans le grand massif de granulite (leptymite). Il s'adapte, au N. de Köthensdorf, sur une longueur de 6 kilomètres, à une partie du cours de la rivière de Chemnitz, comprise entre deux inflexions

presque rectangulaires; il entre par l'un de ses angles dans la bande de micaschiste qui entoure le granulite, et il va couper enfin la Zschopau au-dessous de Frankenberg, en un point où le granite, le grünstein et le schiste argileux s'enchevêtrent d'une manière compliquée.

Notre cercle rencontre encore de petites masses isolées de granite et de grünstein, et entre bientôt après, par l'un des angles de sa ceinture de micaschiste, dans la grande masse de gneiss de Freiberg. Il passe à 4 kilomètres au N. de ce glorieux berceau de l'art des mines, et il coupe la Freib-Mulde un peu au-dessus de l'inflexion qu'elle éprouve à Halsbrücke.

Entrant sur le quadersandstein à Nieder-Schöna, il s'adapte avec certains détails précis aux contours des masses de porphyre quartzifère des environs de Tharand, et, effleurant encore quelques masses isolées de porphyre, de schiste, de granite, notamment le promontoire granitique qui s'avance, à Lockwitz, au milieu du plänerkalk, il passe l'Elbe au-dessus de Pilnitz, pour raser, à 1 kilomètre de distance, l'extrémité méridionale des granites de sa rive droite.

Plus loin, il s'associe, à Liebethal et au-dessus, au cours de la Wesnitz, qui coule dans le quadersandstein, et il entre enfin dans la grande masse granitique de la Lusace, où il passe à Neusalza, et dont il sort, à un kilomètre au N. de Bernstadt, par l'un des angles rentrants de son contour.

Pénétrant alors par le bassin tertiaire de Görlitz dans la basse Silésie, il s'y adapte encore à certains massifs de gneiss et de terrains schisteux. Au-dessous de Liegnitz, il s'ajuste approximativement à une partie du cours du Katzbach et ensuite à la partie du cours de l'Oder qui vient à la rencontre de cette rivière au-dessous de Breslaw, suivant la même direction. Il joue ainsi, par rapport à ces deux rivières, un rôle analogue à celui qu'il joue à Pont-de-l'Arche relativement à l'Andelle et à la Seine.

Traversant les plaines de la Pologne, notre cercle coupe la Vistule près de l'inflexion qu'elle présente en s'éloignant, au-dessous

de Pulawy, des terrains crétacés. Il passe le Dnieper au-dessus de Kiew, au confluent du Pripet, et, traversant les steppes de la Russie méridionale, il va côtoyer une partie assez étendue du cours du Don. Ce fleuve ne s'en sépare qu'au point où il tourne brusquement vers le sud, en approchant du Volga, dans lequel il évite ainsi de tomber. Notre cercle joue encore ici, par rapport au Don, un rôle analogue à celui qu'il joue à Revin, par rapport à la Meuse, et à Elbeuf, par rapport à la Seine.

Il effleure les contours septentrionaux de la mer Caspienne en passant à l'embouchure de la rivière Ural, et il coupe à l'E. de cette rivière, comme on l'a déjà dit, page 92, le *dodécaédrique régulier de la mer Caspienne et de la terre Graham,* au point où celui-ci est coupé par le *trapézoédrique* TT*bbc* du système du Sancerrois.

Franchissant ensuite l'Oust-Ourt et traversant le lac Aral à peu près par son milieu, le *trapézoédrique* TD*b* parcourt les régions peu connues de l'Asie centrale pour arriver par le haut Thibet dans les parages de l'Inde.

Tracé sur la carte de M. Greenough, il coupe la grande rivière Sanpoo à 450 kilomètres à l'E. de ses sources, et il pénètre dans les parties orientales de l'Himalaya, en côtoyant parallèlement, sur une longueur de 100 kilomètres, une vallée d'une direction anomale contenant un grand lac dont M. Greenough ne donne pas le nom. S'adaptant à certains accidents remarquables des rivières que la carte figure, il traverse le massif du Kunchinjunga, dont il laisse la cime à 33 kilomètres seulement dans le N.-E.

Sortant des montagnes par l'ouverture d'une vallée qu'il suit jusqu'à sa rencontre avec celle du Machoo, et traversant le Brahmaputra, il va passer, à l'extrémité occidentale des Garrow-Hills, au point de croisement déjà cité, pages 102 et 400, où il coupe simultanément l'*octaédrique des Garrow-Hills,* un *dodécaédrique rhomboïdal,* un *bissecteur* IH et l'*hexatétraédrique* H*baab* du système des Alpes principales.

Plus loin, dans l'empire des Birmans, notre cercle côtoie, à

26 kilomètres de distance, la longue chaîne couronnée, d'après la carte de M. Greenough, par le Blue-Mount, élevé de 1,706 mètres, et il coupe l'Irawady dans la région des sources de bitume.

Passant entre Siam et Bangkok, il sort enfin de l'Indo-Chine en côtoyant avec précision le littoral N.-E. du golfe de Siam, bordé d'une multitude d'îles, et en tronquant légèrement la pointe du Cambodge, où se trouve le port de Comao. Abstraction faite de cette pointe basse, le massif du Cambodge, dont notre cercle suit la côte le plus nettement dessinée, forme pour l'ancien continent la pointe opposée à la Bretagne, et le *trapézoédrique* TD*b*, qui joint ces deux pointes, en évitant toute autre nappe d'eau que le lac Aral et une lisière de la mer Caspienne, en forme l'un des plus grands diamètres.

Au delà de la mer de la Chine, notre cercle traverse l'île de Bornéo dans sa partie la plus large, du cap Tanjong-Dattoo à l'île Poulo-Laut. Il sort de la mer de Java en coupant l'île Comodo entre Sumbawa et Flores, puis l'île Sandalvood, et il passe au point T situé au S.-E. de cette dernière, à l'antipode du point T voisin de l'île de la Trinité.

Traversant ensuite la Nouvelle-Hollande, de la terre de Witt au cap Hawe, et la partie méridionale de la Nouvelle-Zélande, il va passer au point D, antipode de celui qui tombe en Saxe, près de Remda.

Ce grand cercle, dont on peut suivre le cours dans le tracé de M. Laugel, présente, tant dans l'ancien continent que dans l'Amérique méridionale et dans l'Australie, une somme d'arcs terrestres d'environ 160 degrés, c'est-à-dire aussi grande et même plus considérable que le *primitif* de Lisbonne, qui était jusqu'ici le plus favorisé sous ce rapport parmi les cercles que nous avons examinés (voir ci-dessus, p. 157). Son cours mériterait d'être étudié partout avec autant de détail qu'en France, en Allemagne et dans les Açores, car partout il paraît en harmonie avec les configurations géographiques des contrées qu'il traverse.

Dans celles où il a pu être suivi sur des cartes d'une précision suffisante, il s'est trouvé jalonné avec la plus grande netteté par des accidents orographiques ou géologiques de nature variée. C'est donc une *ligne naturelle* des mieux caractérisées, et il est du nombre des cercles qu'on ne pourrait déplacer que de quantités très-peu considérables sans gâter complétement leur position.

Il nous reste à examiner si ce cercle, parfaitement appuyé sur la charpente terrestre, remplit les conditions nécessaires pour être admis comme *grand cercle de comparaison* du système du Finistère.

D'après la *Notice sur les systèmes de montagnes* (p. 101), *le grand cercle de comparaison provisoire* du système du Finistère passait à Brest, où il était orienté vers l'E. 21°45′ N., et, par suite, un peu au nord du point D, centre du pentagone européen, près de Remda, mais à une distance assez petite pour qu'il fût naturel d'en chercher le représentant parmi les cercles *auxiliaires* qui se croisent au point D. Or le *trapézoédrique* TD*b*, qui va du point D près de Remda à un point T qui tombe dans l'océan Atlantique, un peu à l'E. de l'île de la Trinité, et qui est l'homologue exact des cercles TD*b* déjà adoptés pour représenter les systèmes des ballons et des îles de Corse et de Sardaigne, fait avec le *primitif* représentant du système du Ténare[1] un angle de 85°36′49″74. Le *grand cercle de comparaison provisoire* du système du Finistère fait de son côté, d'après le tableau page 858 de la *Notice*, avec celui du *système du Ténare*, qui n'est autre chose que le même *primitif*, un angle de 86°32′40″. La différence est de 0°55′50″25.

Cette différence d'environ 56 minutes pourra être considérée comme négligeable, si l'on remarque que, pour fixer l'orientation du *grand cercle de comparaison provisoire*, on a dû prendre la moyenne d'orientations données en nombres ronds, 20 à 25 degrés, 25 à 30 degrés, 30 degrés, etc. Il n'y a d'ailleurs aucune raison péremptoire pour faire passer le *grand cercle de comparaison* du système du

[1] *Notice*, p. 1056.

Finistère par Brest plutôt que par Douarnenez, où passe notre *trapézoédrique* TD*b*. Par conséquent, le *trapézoédrique* peut être admis comme *grand cercle de comparaison* du système du Finistère, et il convient d'autant mieux pour représenter un système d'une date géologique très-reculée, que non-seulement en France et en Allemagne, mais dans les Guyanes, l'Indo-Chine, l'île de Bornéo, etc., il traverse des contrées peu élevées, formées en partie de roches primitives, dont l'accidentation est probablement fort ancienne.

Quant au système du Finistère considéré en lui-même, tout ce qui précède n'implique aucun changement à ce qui en a été dit dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, page 94 et ailleurs. (Voir la table de l'ouvrage.)

Trapézoédrique T*b* *(système du Tatra).*

Le cercle placé au vingt-sixième rang dans le tableau des 183 intersections est le *trapézoédrique* T*b*, représentant du système du Tatra.

Ce grand cercle est assujetti à passer par le point T situé dans l'océan Atlantique, au N.-E. de la Guadeloupe, et par le point *b* placé dans la Daghestan, vers l'extrémité orientale du Caucase, ainsi que par les antipodes de ces deux points. Il a pour pôles les points d'intersection du *dodécaédrique rhomboïdal* et du *bissecteur* DH, auxquels ces quatre points appartiennent comme pôles, intersections qui sont figurées dans le tracé de M. Laugel et qui tombent, l'une dans l'océan Austral, au S.-S.-O. du cap de Bonne-Espérance, et l'autre dans l'océan Pacifique, au S.-E. des îles Aleutiennes.

Ce *trapézoédrique* T*b* entre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté oriental, en suivant la crête rocheuse du Leistkamm qui domine la côte septentrionale du lac de Wallenstadt. Il traverse la vallée qui joint ce lac à celui de Zürich, et il coupe le *primitif* de la Nouvelle-Zemble en un point déjà cité, page 318, qui tombe sur le bord même du canal. La position de

ce point est remarquable, d'une part en ce qu'il se trouve au débouché naturel et au point de concours de la vallée du lac de Wallenstadt et de la vallée de Glaris, et de l'autre en ce qu'il marque le fond d'un golfe formé par les plaines de la basse Suisse pénétrant dans les montagnes, ou bien, ce qui revient au même, le point de départ d'une des saillies par lesquelles la région montagneuse empiète sur la plaine vers le nord par échelons successifs.

Après avoir dépassé le canal de la Linth, le *trapézoédrique* T*b* suit approximativement le côté méridional du golfe dont on vient de parler, en s'adaptant à une foule de localités célèbres à juste titre, parmi les touristes, en raison des accidents pittoresques qui s'y dessinent ou des vues splendides dont le panorama s'y déploie. Il passe d'abord au pied septentrional de la petite montagne d'Hirzli, d'où l'œil domine à la fois les deux lacs de Wallenstadt et de Zürich. Il coupe, près d'un confluent, le puissant torrent de l'Aa, dont le delta rétrécit, au-dessus de Lachen, le lac de Zürich; puis la Sihl dans un méandre où elle reçoit le torrent de Willenzell; puis l'Alpbach à 1 kilomètre au-dessous du célèbre monastère d'Einsiedeln. Il effleure au-dessus d'Unter-Egeri le charmant lac d'Egeri, et il coupe le lac de Zug par le cap de Risch, le plus septentrional des caps montueux qui en décorent la rive occidentale. Plus loin, il coupe la Reuss à l'inflexion que présente son cours un peu au-dessous du pont de Gislikon; il effleure la pointe méridionale du lac de Sempach, rase près de Willisau, de Hutwyl, de Lueg, de Vynigen, le pied du massif de l'Entlebuch, couronné par le mont Napf, et coupe la grande Emme à Kirchberg, le dernier point de ses rives auquel on ait appliqué le nom de montagne.

Dans tout cet intervalle notre cercle marque à peu près la limite septentrionale de la Suisse pittoresque, sauf le Jura, qui forme au nord et au nord-ouest un massif à part. Mais la ligne des sommités subalpines n'atteint pas le Jura. A partir de la colline de Lueg, que notre cercle laisse à 3 kilomètres au sud, elle se détourne brusquement vers le S.-O. et va gagner les bords du lac de Genève entre

Lausanne et Morges. Le Lueg forme ainsi, à peu de chose près, l'angle saillant de l'un de ces échelons successifs par lesquels la région montueuse empiète sur les plaines situées au nord. Notre cercle, qui en marque le bord septentrional, coupe un peu à l'E. de Willisau, comme on l'a dit précédemment, p. 327, le *diamétral* D*c* du système des Alpes occidentales, qui, passant approximativement au mont Napf et au Niesen, forme à peu près l'axe de cet éperon montagneux.

En Suisse, dans le plus grand nombre des cas, le *trapézoédrique* T*b* n'est pas parallèle à la direction des couches, mais quelquefois il le devient accidentellement d'une manière très-marquée. On peut remarquer sur la carte géologique de la France, où figure une grande partie de la Suisse, que, depuis le canal de la Linth jusqu'à Einsiedeln, notre cercle côtoie parallèlement, à 3 kilomètres de distance vers le nord, la ligne de démarcation, gravée depuis longtemps, du terrain nummulitique et du terrain de nagelfluhe et de mollasse miocène. Sur la belle carte géologique de la Suisse par MM. B. Studer et Escher de la Linth, on voit que notre cercle est sensiblement parallèle, dans l'intervalle dont nous parlons, non-seulement à cette même limite, mais aussi aux différentes bandes formées par les assises redressées du terrain crétacé, du terrain nummulitique et du flysch, du nagelfluhe polygénique, du nagelfluhe calcaire et de la mollasse d'eau douce inférieure. Pour les trois derniers dépôts surtout la direction parallèle à notre cercle est ici locale et accidentelle, mais on la retrouve, accidentellement aussi, en beaucoup de points de l'intérieur de la Suisse, dans un grand nombre de crêtes, de vallées, de couches redressées, notamment dans le massif du Stockhorn[1] et dans plusieurs sections des lignes anticlinales et synclinales habilement tracées par M. Studer. En dehors de ces directions spéciales et de celles qui se rapprochent de l'orientation du système du mont Seny, on voit prédominer les directions

[1] *Notice*, p. 495.

propres aux systèmes des Alpes occidentales et des Alpes principales; mais des commotions aussi énergiques que celles qui ont façonné le Tödi, la Jung-Frau, les Diablerets, etc. etc., ayant dû renouveler souvent les fractures du sol inférieur, on ne peut jamais s'étonner de voir apparaître en Suisse la direction de tel ou tel système de montagnes d'une origine même très-ancienne.

Pour revenir au *trapézoédrique* T*b*, ce cercle, après avoir passé la grande Emme à Kirchberg et Alchen-Fluhe, parcourt les terrains presque plats de la dépression subjurassienne et traverse le lac de Bienne en laissant l'île de Saint-Pierre à 1 kilomètre environ dans le nord. Il aborde le Jura en rasant au sud le village de Cressier, et il coupe l'éperon que couronne le Chaumont dans une légère dépression où il laisse la cime de cette montagne à environ 1 kilomètre dans le sud. Il entre alors dans le Vallengin ou val de Ruz, où, comme on l'a déjà dit, page 312, il coupe le *trapézoédrique* T*a* du système du Vercors. Le point d'intersection tombe sur le bord même du Seyon, torrent du val de Ruz, qui passe à Vallengin.

Le val de Ruz est occupé par un dépôt de mollasse miocène qui, n'étant séparé de la plaine de la Suisse que par un seuil jurassique peu élevé, peut être considéré comme un golfe pénétrant dans le massif du Jura. Le point de croisement dont nous venons de parler, en tombant vers le fond de ce golfe, réalise une combinaison comparable à celle du croisement qui, comme on l'a vu ci-dessus, tombe sur le bord du canal de la Linth, au fond d'un autre golfe miocène.

Avant de sortir du val de Ruz, le *trapézoédrique* T*b* passe au village de Fontaines, accompagné au N.-O. du village de Fontaine-Melon, deux noms qui signalent les points où se font jour dans ce bassin les eaux contenues dans les fissures des montagnes calcaires qui le circonscrivent.

Notre cercle aborde ensuite ces montagnes presque à l'entrée du tunnel dans lequel s'engage le chemin de fer qui conduit à la Chaux-de-Fond. Il franchit obliquement les crêtes voisines de la

frontière, et, comme on l'a déjà dit, page 348, il va couper le *bissecteur* DH du système du mont Seny, à l'E.-S.-E. de la Grand-Combe, près de l'extrémité d'un relèvement de l'étage oolithique inférieur dont il marque la terminaison.

Traversant alors les plateaux intérieurs du Jura, dans une partie assez monotone, notre cercle s'y adapte à quelques accidents orographiques dont j'omets le détail. Je me borne à dire qu'il laisse au nord, à environ 1 kilomètre de distance, le beau cirque corallien au fond duquel coule la source de la Loue, puis au sud, à moins de 1 kilomètre, le village de Sept-Fontaines, et qu'il passe à Nans, à 2 kilomètres au nord de la source du Lison, source magnifique dont les eaux en paraissant au jour donnent le mouvement à une usine. Elles sortent d'une vaste caverne creusée dans le calcaire corallien, et leur sortie paraît déterminée par un relèvement de l'étage oolithique inférieur, du lias et des marnes irisées, dont le centre se trouve à Nans même, sur le cours du *trapézoédrique* T*b*.

Ce grand cercle est donc accompagné, dans toute la traversée du Jura, par un cortége de grandes sources et de fontaines qui n'ont rien de thermal, mais dont la concentration près d'une même ligne annonce l'existence sur cette ligne d'accidents stratigraphiques particuliers.

Les cinq sources les plus considérables et les plus célèbres du Jura sont celles du Lison, de la Loue, du Doubs, celle du Dessoubre, près de l'ancienne abbaye de Consolation, et celle de l'Orbe, dont les eaux proviennent visiblement du lac de Joux. Nous venons de voir que le *trapézoédrique* T*b* passe approximativement aux deux premières; nous avons vu, page 348, que le *bissecteur* DH du système du mont Seny passe aussi très-près de la source du Doubs. Les sources du Dessoubre et de l'Orbe ne se rattachent à aucun des cercles que nous étudions, mais il n'est pas posé en principe que toutes les grandes sources, non plus que toutes les hautes montagnes, doivent se trouver sur les cercles du réseau pentagonal. Les unes et les autres s'y trouvent fréquem-

ment, et souvent aussi elles se trouvent seulement sur leurs parallèles.

Toujours est-il que les sources de la Loue et du Lison sont pour notre cercle deux repères approximatifs remarquables.

Poursuivant son cours vers l'ouest, il en rencontre bientôt un nouveau. Il côtoie au nord une déchirure ramifiée qui entame çà et là les marnes irisées et qui aboutit à Salins et à Mouchard, en passant lui-même au mont Poupet, élevé de 853 mètres, qui, vu des plaines de la Bresse, se présente comme un château fort placé sur le bord monotone du Jura. Rien de comparable n'existe jusqu'à une grande distance de part et d'autre. C'est le jalon indicateur d'un accident stratigraphique particulier.

Le mont Poupet, placé dans l'angle obtus que présente vers le N.-O. le contour extérieur du Jura, marque le passage de notre cercle, mais il se rattache aussi à un point de croisement remarquable.

A 4 kilomètres au delà de sa cime, à Aiglepierre, au pied occidental du mont Poupet, le *trapézoédrique* T*b* coupe simultanément, ainsi qu'on l'a déjà vu, pages 278 et 301, le *trapézoédrique* TI du système du mont Viso et l'*hexatétraédrique* H*aa*. Par l'effet d'une combinaison toute particulière, le croisement des cercles se trouve au sommet d'un petit golfe du terrain pliocène de la Bresse, qui entame l'angle obtus formé en ce point par le contour général du Jura. Ce point d'intersection triple s'adaptant à un point doublement caractérisé, et le point d'intersection du val de Ruz tombant de même au fond d'un golfe qui forme une dentelure dans le contour oriental du Jura, constituent une adaptation nettement accentuée du réseau pentagonal à l'ensemble du groupe montagneux.

Le Jura, dans son intérieur, ne présente pas de crêtes continues qui affectent la direction du *trapézoédrique* T*b*, mais il est terminé vers le nord par la chaîne du Lomont ou du mont Terrible, couronnée par la Roche-d'Or mentionnée plus haut, pages 312 et 348, et cette chaîne lui est très-sensiblement parallèle dans son

ensemble[1]. On peut en dire autant de la chaîne du Lagernberg, qui s'étend de Regensberg à Baden, à Schinznach, etc. De même que les Pyrénées, ces chaînes sont placées à côté du *grand cercle de comparaison* du système auquel elles appartiennent, et ce dernier est surtout jalonné par des points placés sur sa direction en vertu des lois de la symétrie pentagonale.

Au delà du point de croisement d'Aiglepierre, le *trapézoédrique* T*b* entre dans la plaine de la Bresse en effleurant les extrémités des bandes de terrain triasique et de terrain jurassique qui se terminent près de Montmalin, et il suit le côté méridional du petit golfe pliocène qui pénètre jusqu'au pied du mont Poupet. C'est une combinaison comparable à celle qui a été signalée ci-dessus, près du point de croisement du canal de la Linth, et l'analogie est d'autant plus grande que la profonde échancrure qui met au jour les marnes irisées en se dirigeant vers Nans joue, dans le cas actuel, un rôle semblable à celui que joue, près du croisement de la Linth, l'échancrure que remplissent les eaux du lac de Wallenstadt.

Dans la Bresse, notre cercle rencontre le Doubs (mal tracé sur le tableau d'assemblage) au point où il s'infléchit à angle droit près du Petit-Noir, et, sauf les écarts de quelques méandres, il suit, sur 30 kilomètres de longueur, le cours de cette rivière et celui de la Saône qui s'y réunit et le continue, jusqu'au point où la Saône, à son tour, se détourne à angle droit pour couler vers Châlon. Le confluent se trouve dans cet intervalle, près de la ville de Verdun-sur-Saône, qui est bâtie dans l'angle formé par les deux rivières, et dont notre cercle rase les quais à moins d'un kilomètre de distance. Cette adaptation à une longue direction fluviale et à un confluent important rappelle celles qui ont été signalées plus haut à Strasbourg et à Pont-de-l'Arche.

Notre cercle, au sortir de la Bresse, aborde au nord de Rully le

[1] *Notice*, p. 493 et 1099.

plateau de calcaire oolithique inférieur qui prolonge ceux de la Côte-d'Or, et va couper les marnes irisées dans la vallée de la Dheune, au point où elles disparaissent, comme on l'a dit ci-dessus, page 269, sous les couches du lias dont sont formés les flancs de la vallée et où tombe l'intersection du *trapézoédrique* TT*bbc* de l'Hécla et de notre cercle.

Ce dernier entre ici dans la contrée accidentée à très-petit point, déjà signalée page 269, entre Arnay-le-Duc et le Creusot, et, de même que les autres cercles qui y passent, il y trouve des repères précis. Il passe à Couches, où il coupe par le milieu le petit relèvement granitique sur lequel cette ville est bâtie, et, suivant approximativement la ligne de faîte entre le bassin du Creusot et celui d'Épinac, il s'adapte aux contours légèrement festonnés du calcaire à gryphées arquées, du grès infraliasique et du granite. Sur une partie culminante du plateau de calcaire à gryphées arquées de Chalencey, il rase au nord, à moins d'un kilomètre de distance, le plus septentrional des deux petits tertres basaltiques de Drevin, déjà mentionnés à ce point de vue dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*[1], qui, dans leur isolement, n'ayant d'analogues qu'à des distances considérables, semblent placés là comme des jalons approximatifs du *trapézoédrique* T*b*.

Ce grand cercle, continuant son cours à l'O., traverse le massif de granite à petits grains qui s'étend au midi d'Autun, et il coupe, à la Chapelle, comme on l'a vu ci-dessus, page 355, le *diamétral* D*ac* du système de la Côte-d'Or. Effleurant ensuite le massif des porphyres et des granites porphyroïdes du Morvan, il va couper à son extrémité S.-O., comme on l'a dit page 251, dans la vallée du Bulvain, le *trapézoédrique* TI*a* du système du Morbihan. Rasant, au sortir de cette même vallée, l'extrémité méridionale des calcaires oolithiques de la Nièvre, et, au delà de la Loire, l'extrémité méridionale du lias relevé à Chassenay, dans la vallée de l'Acolin, il va

[1] *Notice*, p. 498.

passer aux Bruyères, près de Saint-Parise-en-Viry, à l'extrémité méridionale d'une petite protubérance granitique, au point de croisement déjà mentionné, pages 293, 339 et 375, où il rencontre simultanément le *diamétral* D*ac* du système du Forez, le *trapézoédrique* T*abc* du système du Longmynd et le *trapézoédrique* T*c* du système du Hundsrück.

Plus loin, notre cercle côtoie au midi un autre petit relèvement granitique dirigé de l'E. à l'O., coupe ensuite celui qui se montre aux forges de Payret, à la naissance de la vallée de la Colatre, et finit par passer l'Allier au point où le terrain miocène est remplacé sur sa rive droite par le calcaire à gryphées arquées, et sur sa rive gauche par les marnes irisées. Il trace ainsi approximativement la limite méridionale de la série de petits accidents stratigraphiques qui rompt la monotonie de la plaine tertiaire de Moulins.

Au delà de l'Allier, notre cercle, au milieu de plaines basses et remplies d'étangs, où les contours festonnés des marnes irisées et des dépôts jurassiques et tertiaires ne se rattachent à aucun accident géologique remarquable, notre cercle passe la Boudre près d'une superposition du lias sur les marnes irisées, à une inflexion de son cours comprise entre deux confluents; il passe ensuite le Cher au-dessus de Saint-Amand, précisément au point où le canal de Berry traverse cette rivière sur un pont-aqueduc, et il va couper, au N.-E. de Vic-Exemplet, le *primitif* de Lisbonne.

S'éloignant alors des marnes irisées et cheminant sur des plateaux peu élevés formés de diverses assises jurassiques et tertiaires, le *trapézoédrique* T*b* traverse la Couarde à Sarzay, au confluent du ruisseau de Bordesoulle, et successivement plusieurs autres cours d'eau à des confluents; puis la Creuse au-dessus d'Argenton, tout près du point où elle passe du lias dans l'oolithe inférieur; le Langlin au-dessus de Bélabre, à son confluent avec la Soussine; la Benaize au-dessous de la Trémoille, à son confluent avec le Corchon; la Gartempe à Jouhet, au point où elle passe de l'étage oolithique inférieur dans l'étage corallien; et il coupe au S.-O. de la

Chapelle, sur le plateau corallien, le *trapézoédrique* T*b* du système de la Vendée.

Sortant bientôt du plateau corallien, dont il n'a fait qu'effleurer l'extrémité méridionale, et qui semble ne s'être avancé jusque-là que pour fournir un support au point de croisement qui y tombe, notre cercle traverse la Vienne près de l'endroit où elle entre de l'étage oolithique inférieur dans l'étage moyen, et la Dive dans une partie de sa vallée qui entame le lias, en laissant le confluent des deux rivières à 3 kilomètres au nord. Il coupe ensuite la Clouère près de Château-Larcher, à 2 kilomètres au midi de son confluent avec le Clain, et le Clain lui-même à 1 kilomètre au midi de Vivonne, où il reçoit la Vonne.

Passant dans le bassin de la Sèvre Niortaise, le *trapézoédrique* T*b* traverse cette rivière à la Mothe-Saint-Héraye, où sa vallée entame un relèvement du lias, puis un vallon creusé en entier dans le granite, et il va couper l'*hexatétraédrique* H*baab* de Nontron à Chavagné, en rasant un relèvement de lias soulevé par le granite déjà mentionné ci-dessus, page 264, et dans lequel le Laubon a creusé son lit.

Notre cercle, laissant au N., à 2 kilomètres de distance, le confluent du Laubon et de la Sèvre, traverse la ville de Niort, et, s'adaptant à l'un des traits les plus caractérisés de la contrée, il suit, en en coupant seulement les caps, le bord du plateau corallien qui limite au S. la large vallée de la Sèvre, épanouie en un golfe parsemé d'îles coralliennes, où les eaux de la mer sont remplacées par les marais de Marans et de Luçon.

Franchissant alors le bras de mer peu profond qui sépare du continent l'île de Ré, notre cercle traverse cette île, où il passe dans les fortifications de la ville de Saint-Martin-de-Ré. De même que le long des marais de Marans, il laisse au midi la plus grande partie du plateau calcaire qui forme le corps de l'île, et il coupe les pointes coralliennes et kimméridiennes qui se projettent vers le N. entourées de marais salants.

Notre cercle entre alors dans l'Océan, où, à 60 kilomètres au large, il rase à 7 kilomètres de distance la pointe méridionale du plateau sous-marin de Rochebonne, et il se dirige vers l'archipel des Açores.

Le *trapézoédrique* T*b* coupe le *diamétral* D*ac* du système du Finistère un peu en deçà des Açores, sous un angle très-aigu, et, comme ce dernier, il traverse l'archipel dans sa partie centrale; cependant il ne rencontre que deux des îles qui le composent, l'île de San-Jorge et l'île de Pico.

Tracé sur les cartes de l'*Hydrographical Office*, il aborde San-Jorge par la pointe Norte-Grande, et il franchit la crête centrale au milieu d'une foule de cratères accompagnés de coulées de lave, en laissant, au S.-E., à un demi-kilomètre de distance l'un de ces cônes, élevé de 1,055 mètres, et à 1 kilomètre et demi le plus élevé de tous, qui atteint 1,066 mètres.

Plus loin, notre cercle aborde l'île de Pico, un peu à l'O. de San-Antonio. Il y entre par le Monte-Queimado, et il en sort par le Cabezo-Barbo, après avoir traversé le large espace inhabité appelé *Baldios de Conselho*, qui, d'après l'excellente description de M. Fouqué, paraît être le principal théâtre des phénomènes volcaniques. Le pic élevé de 7,613 pieds anglais (2,183 mètres), qui donne son nom à l'île, se trouve sur le bord S.-E. du champ d'éruption, et notre cercle le laisse à 6 kilomètres dans le S.-E. (3′11″16 ou 5,920 mètres)[1].

On voit que le *trapézoédrique* T*b* traverse l'île de Pico, de même que l'île de San-Jorge, dans la partie où l'activité volcanique se manifeste le plus énergiquement, et que son rôle, par rapport au pic des Açores, a beaucoup de ressemblance avec celui que le *trapézoédrique* TT*bbc* joue en Islande, ainsi qu'on l'a vu ci-dessus, page 274, relativement au cône de l'Hécla.

Poursuivant son cours à travers l'océan Atlantique, notre cercle

[1] *Notice*, p. 1099.

passe au point T situé au N.-E. de la Guadeloupe, et il traverse la chaîne des petites Antilles en suivant le milieu du large canal qui sépare la Dominique de la Martinique. Il laisse les pointes de chacune des deux îles à environ 10 minutes ou 18 kilomètres 1/2 de distance.

Dans la chaîne des îles sous le Vent, il traverse le groupe de roches situé à l'E. de Blanquilla, et, coupant ensuite l'île Tortuga, il aborde la Terre ferme à l'E. du cap Codera, par l'embouchure du Rio-Chico. Coupant ensuite la chaîne côtière de Venezuela, puis les affluents supérieurs de l'Orénoque et de l'Amazone, et traversant enfin la Cordillère des Andes, dans le nœud de Loxa, un peu au N. de cette ville, il entre dans l'océan Pacifique par la baie Sechura, au S. de Guayaquil et de Payta.

Revenant maintenant au point de départ pour suivre le *trapézoédrique* T*b* vers l'E., nous trouverons, d'après la belle carte géologique de la Suisse par MM. B. Studer et Escher de la Linth, qu'après avoir suivi, au N. du lac de Wallenstadt, la crête du Leiskamm et des Churfürsten, il traverse la vallée du Rhin à Werdenberg, au point où elle s'élargit en s'infléchissant légèrement pour se diriger vers le lac de Constance. Rasant ensuite le Gurtis-Spitz et passant à Nenzing, il traverse l'Ill entre les confluents très-rapprochés l'un de l'autre du Gamperthon et du Lutzbach.

Pénétrant alors dans les montagnes du Vorarlberg, notre cercle atteint bientôt la haute vallée du Lech, où il passe à Zug, et il côtoie au N. la crête qui forme le flanc septentrional de la vallée de Klosterley et du col de l'Arlberg. Il coupe l'Inn dans les inflexions que présente sa vallée au-dessous d'Imst, et, côtoyant jusqu'à Hall le flanc méridional de cette même vallée, il passe aux portes d'Inspruck, où il coupe la Sill près de son confluent avec l'Inn.

Traversant le Zillerthal au-dessous de Zell, il entre dans la vallée de la Salza, un peu au N. de la belle cascade que forme cette rivière en sortant de l'Achenthal, et, côtoyant obliquement à sa direction le flanc méridional du Pintzgau, il effleure les masses granitiques

du Hoch-Golling et du Knallstein. Passant ensuite au pied méridional du Hohen-Warth, il va couper la Mur un peu au-dessus de Kraubath, à l'endroit où, au sortir du bassin tertiaire de Saint-Lorenzen et Seckau, elle entre dans un défilé ouvert dans les roches amphiboliques et trachytiques.

Tracé sur la belle carte géologique de la Styrie publiée sous la direction du Gognostisch-Montanistischen Vereins, par M. Denis Stur, notre cercle traverse de nouveau la Mur au point où, détournée vers le midi, elle sort, au S. de Frohnleiten, des méandres que forme sa vallée dans le calcaire devonien. Bientôt après, coupant la pointe méridionale du massif de gneiss du Ravenwald, il entre, un peu au midi de Hartberg, dans les plaines tertiaires de la Hongrie.

Le *trapézoédrique* T*b* se trouve ainsi en connexion avec les Alpes, depuis le Lueg et le pied du mont Napf, en Suisse, jusqu'à Hartberg, en Styrie, sur une étendue d'environ 650 kilomètres. Dans ce long espace, comme je l'ai déjà remarqué pour la Suisse, il coupe presque toujours la stratification obliquement; ce qui ne l'empêche pas de côtoyer parallèlement des crêtes et des masses imposantes, notamment certains massifs de roches primitives et calcaires du Tyrol et de la Carinthie; d'être parallèle à des traits orographiques considérables, comme la vallée de Klosterley dans le Vorarlberg, la vallée presque continue qui s'étend au pied méridional des Alpes, du val Bugnanco, au midi du Simplon, à Edolo, au sud du Stelvio, les hautes vallées de l'Adige, de Glurns à Méran, de la Drave au-dessus de Lienz, et autres accidents orographiques et stratigraphiques qui ont été suffisamment indiqués ailleurs[1]. Il est jalonné par des accidents de détail d'une netteté particulière.

M. Léopold de Buch a fait remarquer depuis longtemps que les Alpes se divisent vers l'E. en trois rameaux divergents, dont l'un se dirige à l'E.-S.-E. par le Terglou, vers la Carniole : ce sont les

[1] *Notice*, p. 490.

Alpes Juliennes; l'autre se dirige à peu près de l'O. à l'E., comprenant les montagnes primitives du Tyrol, de la Carinthie et de la Styrie; le troisième à l'E. quelques degrés N. vers la basse Autriche. Le premier de ces rameaux se rapporte au système des Pyrénées, le dernier au système des Alpes principales, et celui qui occupe la position intermédiaire, sans être soustrait à l'influence des deux autres directions, porte plus particulièrement l'empreinte de celle du *trapézoédrique* T*b*[1].

Au delà des plaines de la Hongrie, notre cercle traverse le grand massif trachytique de la Transylvanie. Effleurant, près des sources de la Maros, le noyau de gneiss des Carpathes, il entre dans la Moldavie et la Bessarabie, dont il sort par l'embouchure du Dniester.

Rasant ensuite la masse montueuse de la Crimée, il suit le versant septentrional du Caucase, pour arriver au point *b* situé dans le Daghestan, où il est assujetti à passer.

Franchissant la Caspienne, il va rencontrer la côte asiatique de cette mer dans le golfe de Balkan, où il traverse les masses granitiques appelées le Grand et le Petit Balkan, et il prolonge son cours en coupant la chaîne centrale de l'Asie par les régions montueuses de Hérat, de Candahar et du Paropamissus.

Il entre dans l'Inde en traversant le lac Ab-Istuda et en rasant le pied méridional du mont Takht-i-Suliman, élevé, d'après M. Greenough, de 12,831 pieds anglais (3,910 mètres).

Bientôt après il coupe l'Indus, le Chenaub et le Sutledje, à environ 200 kilomètres au-dessus du point de réunion de leurs eaux. Traversant ensuite le désert de Bikanair, il coupe le *dodécaédrique régulier* du Spitzberg et du lac Supérieur en un point déjà mentionné, page 90, comme situé près de l'extrémité septentrionale de la chaîne granitique d'Oravelly, qui termine au N.-O. les régions montueuses intérieures de l'Hindoustan.

[1] *Notice*, p. 490.

Tracé sur la belle carte géologique de M. Greenough, notre cercle passe au point terminal ou aux points d'inflexion de plusieurs chaînes, suit les lignes de partage des eaux de plusieurs bassins d'ordre secondaire, coupe plusieurs rivières à leurs inflexions et à leurs confluents, et, après avoir traversé la région la plus élevée des roches cristallines schisteuses du Bundelcund, il coupe l'*octaédrique* du lac Baïkal près de Mohunguhr, à un confluent de rivières.

Continuant son cours avec des adaptations du même genre, dont une simple énumération aurait peu d'intérêt, le *trapézoédrique* T*b* va raser le pied N.-E. des montagnes désignées sous les noms d'Ahbor-Hills et de Shahpraki-Mundi-Hills, élevées d'environ 2,000 pieds anglais (610 mètres). Côtoyant ces dernières, il suit, en la remontant sur 60 kilomètres de longueur, la vallée du Jahila-Nuddy, profondément encaissée dans une crevasse presque rectiligne des roches de trapp. Il s'en sépare pour s'adapter presque exactement à la haute vallée du Nerbudda, à l'approche de l'*octaédrique* du lac Baïkal, déjà mentionné ci-dessus, page 101, comme traversant cette dernière rivière près de sa source. Notre cercle passe de l'une à l'autre rivière par l'effet des inflexions qu'elles éprouvent toutes les deux à la rencontre de l'*octaédrique*, dont le point d'intersection avec le *trapézoédrique* T*b* tombe entre les deux vallées.

Remontant encore le Nerbudda naissant sur une longueur de 22 kilomètres, notre cercle arrive à la source de ce grand fleuve, l'un des plus remarquables de l'Inde, et, d'après la carte de M. Greenough, il y passe exactement. Cette source sort, près d'Ajmergur, d'un plateau de 700 mètres d'élévation, formé de trapp et de roches cristallines schisteuses, d'où partent huit rivières. Les trois principales, le Johila-Nuddy, le Sone et le Nerbudda, coulent d'abord presque parallèlement, pour prendre ensuite des directions différentes. Ce centre de diramation, d'où les eaux coulent vers les parties les plus opposées de l'Hindoustan, est évidemment l'un des points les plus caractérisés de cette vaste contrée, et le *trapézoé-*

drique T*b* se l'approprie d'une manière d'autant plus complète qu'il y arrive suivant une direction à laquelle une partie des eaux qui s'en écoulent affecte d'abord de se conformer.

Entrant alors dans le bassin du Mohanuddy, dont un des principaux affluents sort aussi du plateau d'Ajmergur, notre cercle rase bientôt, près de Rottunpoor, l'extrémité N.-E. d'un petit massif granitique à côté duquel M. Greenough a fait graver la note suivante : « Granite bleu, pierres précieuses, statue de huit pieds de hauteur » (formée sans doute du même granite), ce qui annonce probablement des ruines et peut-être l'emplacement d'une ancienne cité indienne. Ce même cercle suit d'une manière générale la direction du Mohanuddy, dont les inflexions l'atteignent deux fois, mais ne le dépassent que légèrement, et qui finit par s'en écarter vers l'E. Il entre alors dans le bassin du Ganjam, dont il côtoie le cours au milieu des granites et autres roches cristallines, et il entre dans le golfe du Bengale par la côte d'Orissa, près de l'embouchure de la même rivière.

Au delà du golfe du Bengale, le *trapézoédrique* T*b* traverse les îles Adaman, le détroit de Malacca, l'île de Java et la Nouvelle-Hollande, où il passe à un point T, antipode de celui qui tombe dans l'océan Atlantique, au N.-E. de la Guadeloupe. Le temps et l'espace me manquent pour le suivre dans ces contrées, mais ce qui précède suffit déjà pour le mettre au nombre des cercles les mieux jalonnés par les accidents orographiques et géologiques et pour le placer au rang des *lignes naturelles* existant sur la surface du globe.

Il nous reste à examiner si ce cercle si nettement tracé peut être adapté comme *grand cercle de comparaison* du système du Tatra[1].

Le *grand cercle de comparaison provisoire* adopté pour ce système dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, page 484, passait au mont Lomnica, cime culminante du massif du Tatra, dans

[1] *Notice*, p. 1098.

le N. de la Hongrie, avec l'orientation O. 4° 50′ N. Ce cercle tombait un peu au midi du point D, centre du pentagone européen, près de Remda, et on aurait pu en chercher le représentant parmi les *cercles auxiliaires* qui se croisent en ce point; mais l'auteur a pensé que, relativement à l'ensemble des éléments dont le système du Tatra se compose, le cercle partant du mont Lomnica était déjà placé trop au nord, et il en a cherché le représentant parmi les grands cercles du réseau qui passent, non au centre du pentagone, mais plus au sud.

Un *trapézoédrique* T*b*, mené d'un point T qui tombe dans l'océan Atlantique, au N.-E. de la Guadeloupe, au point *b* situé dans le Daghestan, fait avec le grand cercle de comparaison du *système du Ténare* un angle de 79°5′44″21; d'après le tableau de la page 859, l'angle Tatra-Ténare est de 78° 49′ 23″; la différence, qui est de 0° 16′21″21, est négligeable, et, par conséquent, le *trapézoédrique* T*b*, qui traverse l'Europe dans la position la plus convenable par rapport à l'ensemble des accidents stratigraphiques appartenant au système du Tatra, peut être adopté comme *grand cercle de comparaison* de ce système.

Quant au système du Tatra considéré en lui-même, à son âge relatif, aux chaînons de montagnes et aux accidents stratigraphiques qui doivent y être rattachés, ce qui précède n'implique aucun changement à ce qui en a été dit dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, page 478 et ailleurs. (Voir la table de l'ouvrage.)

Diamétral D*ac (système des Pays-Bas).*

Le cercle placé au vingt-septième rang dans le tableau des 183 intersections est le *diamétral* D*ac*, représentant du système des Pays-Bas.

Ce grand cercle est assujetti à passer par le point D, centre du pentagone européen, situé près de Remda en Saxe, et par le point *a* qui tombe dans la mer des Antilles au N. de Caracas. Cette double

condition l'oblige à passer aussi par le point *c* situé dans l'océan Atlantique, au N.-E. des Açores, et par les antipodes de ces mêmes points. Il a pour pôles les intersections communes des trois cercles auxquels ces six points appartiennent comme pôles, cercles qui sont le *dodécaédrique régulier* du cap Corrientes et de Singapour, un *bissecteur* IH et un *trapézoédrique* TI. Les points d'intersection de ces trois cercles sont marqués dans le tracé de M. Laugel, et tombent, l'un dans l'océan Atlantique méridional, à l'E. de Tristan-d'Acunha, et l'autre dans l'océan Pacifique, au S. des îles Aleutiennes.

Notre *diamétral* D*ac* entre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté oriental. Traversant les plaines triasiques de la Hesse et les terrains schisteux de la Westphalie, où il passe à Dillenburg, il effleure les contours septentrionaux des basaltes du Vogelsberg et du Westerwald, et il coupe, au midi de la Sieg, le *trapézoédrique* T*a* du système du Vercors. Bientôt après, laissant au nord les masses éruptives des sept montagnes de Bonn (Sieben-Gebirge), il passe le Rhin au-dessous d'Unkel, au milieu des petites protubérances basaltiques qui accidentent ses bords, et presque exactement au point où ses rives, quittant les escarpements de schiste et de grauwacke, commencent à ne plus présenter que les dépôts de transport qui, en s'épanouissant vers le nord, vont former la Hollande.

Sur la rive gauche du Rhin, notre cercle traverse l'Erft, près de Fritzdorf, à l'endroit où de larges alluvions commencent aussi à occuper sa vallée, et, coupant les pointes extrêmes des terrains paléozoïques de l'Eifel, ainsi que le lambeau de grès bigarré qui renferme le gîte de galène de Bleiberg, il va passer la Roër à Gemund, ville bâtie dans l'angle formé par le confluent de cette rivière avec l'un de ses affluents. Comme on l'a déjà dit, page 337, il rencontre, à l'entrée même de la ville, le *trapézoédrique* T*abc* du système du Longmynd.

Notre cercle s'adapte ensuite à la courbure que présente la

vallée de la Roër au-dessous de Gemund, et, rasant au N. la petite ville de Montjoie, il s'adapte aussi, sauf les sinuosités, sur une longueur de 10 kilomètres, à la vallée de la Rucht. Plus loin, il s'associe également, quoique d'un peu moins près et de même sur 10 kilomètres de longueur, à la vallée de l'Hoegne, dont il traverse l'affluent méridional, la Weays, à 1 kilomètre au-dessus de leur confluent mutuel. Sur la rive méridionale de l'Hoegne, il coupe, à 5 kilomètres au N. de Spa, comme on l'a dit ci-dessus, page 300, l'*hexatétraédrique* Haa.

Passant ensuite à Sprimont et coupant l'Ourt à 2 kilomètres au-dessous du confluent de l'Amblève, puis la Meuse à l'entrée de la ville de Namur, à 2 kilomètres au-dessus du confluent de la Sambre, notre cercle traverse le bassin carbonifère de Liége, dont M. André Dumont a su débrouiller la stratigraphie compliquée dans l'un de ses premiers et de ses plus mémorables travaux. Les directions de plusieurs systèmes de montagnes, cinq ou six au moins, reproduits pour la plupart postérieurement à leur origine, concourent, comme on l'a expliqué ailleurs[1], à produire cette complication au milieu de laquelle notre cercle trouve sa place réservée avec une attention toute spéciale.

La droite menée de Sprimont au pied méridional de la montagne sur laquelle s'élève la citadelle de Namur n'est traversée impunément par aucune des lignes stratigraphiques dont la direction la rencontre. Toutes les bandes de terrain dévonien ancien, de poudingue de Burnot, de calcaire de Givet, de psammite du Condros, de calcaire carbonifère et de terrain houiller, qui s'approchent de cette ligne, changent d'allure dans son voisinage. Les unes s'interrompent avant de l'atteindre ou immédiatement après l'avoir traversée; les autres s'infléchissent de manière à en prendre la direction comme pour se ranger sur son passage. Le même phé-

[1] *Notice*, p. 292, et article sur les soulèvements de montagnes inséré par M. Élie de Beaumont dans la traduction française du *Manuel géologique* de M. de la Bèche (Paris, 1833), p. 632 et 638.

nomène se reproduit partiellement dans d'autres parties de la contrée, mais nulle part d'une manière aussi prononcée, et le *diamétral* D*ac* ne pourrait être déplacé d'une quantité sensible sans perdre un des priviléges les plus remarquables dont la nature l'a doté.

Au delà de la citadelle de Namur, le *diamétral* D*ac* va raser au nord les glacis de celle de Charleroi, en s'adaptant, sauf les sinuosités des méandres, à la vallée de la Sambre. Au delà de Charleroi, notre cercle s'approche une dernière fois de la Sambre à Marchienne-au-Pont, près du double confluent du Piéton et de l'Eau-d'Heure, et, s'éloignant de cette rivière dont la haute vallée a une autre direction, il passe à Binche, où la Haine forme autour de la ville une courbe dans laquelle elle reçoit plusieurs ruisseaux.

Laissant Mons à 7 kilomètres dans le nord, il va traverser la ville de Valenciennes, où il passe au confluent de l'Escaut et de la Ronelle, et dont il sort en coupant, comme on l'a annoncé précédemment, page 276, le *trapézoédrique* TI du système du mont Viso. Plus loin, après avoir passé aux mines de houille d'Aniche, il traverse encore la ville d'Arras, où il coupe le Cruchon près de son confluent avec la Scarpe.

De Namur à Aniche et au delà, le *diamétral* D*ac* chemine constamment sur le terrain houiller, dont il suit à peu près la limite méridionale et dont il représente la direction générale. Les accidents stratigraphiques, souvent très-prononcés, qui produisent des festons dans cette ligne, sont soumis, comme dans le Condros, à l'influence de notre cercle, et aucune bande de terrain antérieur à la houille ne l'atteint sans s'arrêter promptement. Il est d'autant plus remarquable de le voir suivre la limite méridionale du terrain houiller que c'est précisément celle qui est le plus accidentée, les couches présentant généralement de ce côté des relèvements rapides, des ruptures et des arrachements qui annoncent des phénomènes violents. Au delà d'Aniche, la bande houillère change d'orientation et prend une direction générale vers l'O.-N.-O., mais cette dévia-

tion est soumise à la loi précédemment énoncée, car, si on suit les bandes de terrain déviées, en sens inverse de notre marche, ou pour mieux dire de l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E., on voit qu'en approchant de notre cercle elles s'infléchissent pour le côtoyer dans la direction de Namur et de Sprimont.

Le terrain houiller et ceux qui l'accompagnent sont généralement recouverts, à partir de Marchienne-au-Pont, par des dépôts crétacés et tertiaires, en couches horizontales, que les mineurs appellent *morts-terrains* et sur lesquels coulent les rivières; mais cela n'empêche pas celles-ci de se rattacher à notre cercle par leurs inflexions et leurs confluents, ainsi qu'on a pu en juger par les exemples que j'ai cités et que j'aurais pu multiplier.

Au delà d'Arras, le *diamétral* D*ac* continue à cheminer sur les terrains crétacés et tertiaires. Il passe l'Authie à Auxy-le-Château, et, après avoir coupé, au nord d'Abbeville, le *diamétral* D*ac* du système du Forez et le *trapézoédrique* TT*bbc* de l'Hécla, il traverse obliquement l'embouchure de la Somme, entre Noyelle et Saint-Valery, et va tronquer de 2 kilomètres la pointe formée de craie et de terrain tertiaire inférieur sur laquelle cette dernière ville est bâtie.

Notre cercle entre alors dans la Manche, un peu au midi du port de Cayeux, et, suivant de loin les côtes de France, il va passer, à 15 kilomètres au N.-N.-O. de Barfleur, au point de croisement déjà mentionné (p. 250 et 283), où il coupe simultanément le *trapézoédrique* TI*a* du système du Morbihan et le *trapézoédrique* T*b* du système de la Vendée. Côtoyant ensuite obliquement le rivage septentrional du Cotentin, il va raser, à 2 kilomètres de distance, les falaises syénitiques du cap de la Hague, et il effleure ensuite les rochers granitiques de l'île d'Aurigny, par la pointe S.-O. de laquelle il sort des terres européennes.

Il s'avance dans l'océan Atlantique, en ayant en quelque sorte pour cortége la longue traînée d'écueils que la belle carte publiée en 1850 par l'*Hydrographical Office* figure dans ces parages, et à

laquelle les Açores viennent s'appuyer par les îles de Flores et de Corvo, que notre cercle laisse un peu au sud[1].

Ce même cercle, prolongé jusqu'en Amérique, touche les îles d'Antigua et de Mont-Serrat qui terminent la section septentrionale des petites Antilles, la première en la coupant par le milieu, et la seconde en en côtoyant la côte S.-E. Il laisse un peu au nord la petite île d'Aves, traverse, dans les îles sous le Vent, le principal îlot de Los Roques, et atteint la côte de la Terre ferme dans le golfe Triste, un peu à l'est de Porto-Cabello.

Traversant la chaîne littorale de Venezuela, il effleure l'extrémité occidentale du lac de Valentia, rendu célèbre par les travaux de M. de Humboldt, et, laissant à 70 kilomètres dans le N.-O. les montagnes du Barquisimento, dont l'illustre voyageur s'est souvent occupé, il côtoie au S.-E., dans toute sa longueur, à une distance généralement moindre, le pied S.-E. de la Cordillère de la Nouvelle-Grenade. Il aborde ensuite les Andes proprement dites, en rasant au S.-E., à moins de 40 kilomètres de distance, le pied du volcan de Sangay, et il les traverse entre Cuença et Loxa. Il entre enfin dans l'océan Pacifique par la baie Sechura, au sud de Guayaquil et de Payta, et, un peu au large de la côte, il coupe, sous un angle très-aigu, le *trapézoédrique* T*b* du système du Tatra.

Si nous revenons maintenant au point de départ, en Allemagne, pour suivre le *diamétral* D*ac* vers l'est, nous trouverons que, après avoir traversé les plaines de trias de la Hesse et coupé la Werra à moins d'un kilomètre au nord du crochet qu'elle forme près de Fambach, il aborde le Thüringerwald par le fond du golfe dans lequel le grès bigarré y pénètre, au N.-E. de Schmalkalden. Il y trouve sa voie aussi bien préparée, sur la belle carte déjà citée tant de fois de M. Bernard Cotta, qu'elle l'était dans la province de Liége sur celle de M. André Dumont.

Il coupe d'abord, au fond de ce golfe, dont l'entrée est flanquée

[1] *Notice*, p. 1061.

des deux côtés de masses de granite, de porphyre quartzifère et de porphyre micacé, un petit lambeau de zechstein redressé et en appui contre le grès rouge. Entrant immédiatement sur ce grès, il rase, près de Schnellbach, la pointe méridionale d'une longue masse de diabase qui s'étend au nord jusqu'au Soiessberg, puis, à Struth, le contour septentrional d'une petite masse porphyrique, et il va effleurer l'extrémité septentrionale de la cime du Sperchhübel, formé encore de grès rouge et élevé 890 mètres. Entrant alors dans le porphyre quartzifère, il effleure vers le sud les masses proéminentes de cette roche, couronnées par un petit lambeau de grès rouge, qui s'élèvent au S.-O. de Langenburg. Il sort enfin du massif montagneux en coupant la ceinture de zechstein à la pointe du lambeau de grès bigarré qui l'accompagne de Jesuborn à Frankenhain, et il entre sur le plateau de muschelkalk, sur lequel il chemine presque sans interruption jusqu'au point D, centre du pentagone européen, près de Remda.

Il quitte le muschelkalk pour entrer sur le grès bigarré aux approches de la Saale, qu'il atteint à Orlamünde, dans une de ses inflexions, et dont il suit le cours jusqu'à la nouvelle inflexion qu'elle éprouve au confluent de la rivière de Freinorla. Poursuivi sur la belle carte géologique de la Saxe par M. C.-F. Naumann, publiée par l'Académie des mines de Freiberg, il coupe la ceinture de zechstein de l'Erzgebirge à l'inflexion qu'elle éprouve un peu au nord de Neundorf, pour entrer sur la formation de grauwacke, où il coupe la Weyda un peu au nord de la ville de Weyda, à son confluent avec l'Auma.

Traversant ensuite le schiste argileux dont il suit à une faible distance le contour septentrional, il entre dans le bassin de grès rouge de Chemnitz, qu'il parcourt longitudinalement en s'adaptant, pour traverser la Zwich-Mulde, à l'inflexion qu'elle présente près de Wulm, et en suivant, sur 11 kilomètres de longueur, la vallée de Saint-Égidien.

Rentrant alors dans le domaine des roches anciennes par les

schistes argileux de Harthau, il coupe la Würschnitz près de son confluent avec la rivière de Chemnitz, à la vallée de laquelle il s'adapte dans une certaine étendue, et il traverse le micaschiste dans l'étranglement qu'il présente entre le gneiss de Zschopau et celui de Schellenberg. Traversant ensuite le grand massif de gneiss de l'Erzgebirge, où il laisse Freiberg au nord, il s'y adapte avec une étonnante précision, à la partie la plus compliquée des accidents auxquels donnent lieu les masses de granite et de porphyres de diverses variétés qui le pénètrent entre Frauenstein et Lauenstein. Il sort enfin du massif de gneiss en rasant au nord la pointe qu'il projette à l'est près de Schönstein et le tertre basaltique qui l'accompagne, et il coupe à quelques kilomètres plus à l'est le *trapézoédrique* T*c* du système du Hundsrück, dont l'adaptation précise aux accidents stratigraphiques de l'Erzgebirge a été signalée précédemment, page 224.

Le *diamétral Dac* passe bientôt l'Elbe près de Tetschen, au milieu du quadersandstein, et, après avoir effleuré, près de Böhm-Ramnitz, l'extrémité N.-E. de la zone basaltique de la Bohême, il s'adapte avec précision, sur les confins de la Bohême et de la Silésie, aux accidents stratigraphiques du Riesengebirge, où il traverse dans sa longueur le massif granitique de Hischberg. Il va couper l'Oder au coude qu'il forme, au-dessous d'Opeln, près de son confluent avec la Malapane, et, laissant au nord le petit massif des montagnes dévoniennes de Sandomirz et de Kielce, il traverse la Vistule près du coude qu'elle présente au confluent de la Rzyska. Passant ensuite le Dnieper près du confluent du Psioul, et le Don près de celui du Donetz, il coupe longitudinalement, dans le midi de la Russie, le bassin carbonifère du Donetz, et, traversant la mer Caspienne, il atteint sur sa côte orientale le cap Tük-Karagan, qui est pour ainsi dire dans cette région le Land's-End de l'Asie.

Quoique le cap Tük-Karangan[1] soit couvert de dépôts tertiaires

[1] *Notice*, p. 1060.

la coïncidence est toujours à remarquer. Plus loin, au midi du lac Aral, le *diamétral* Dac traverse la Grande-Boukharie, où il côtoie au S. le cours de l'Amou-Deria, et, pénétrant dans les montagnes du Kaboul, il coupe les granites de l'Hindoo'-Coosh et du Sufeid-Koh pour entrer dans les grandes plaines subhimalayennes par leur angle N.-O., figuré sur la carte géologique de l'Inde par M. Greenoug comme étant assez aigu. Construit sur cette belle carte, notre cercle suit sur un espace de 100 kilomètres le pied S.-O. de la chaîne salifère (*Salt range*) jusqu'à Kala-Bagh, où elle s'arrête au bord de l'Indus, pour reparaître sur sa rive gauche, avec une autre direction, sous le nom de Kuller-Kahar.

Le *diamétral* Dac coupe le grand fleuve précisément au point où il débouche dans les plaines par un défilé ouvert dans l'angle que forment les deux chaînes. Il poursuit son cours dans les plaines du Punjab, dont il laisse la capitale, Lahore, à 30 kilomètres dans le N.-E., et où il coupe tous les grands affluents de l'Indus, le Sailum, le Chenaub, le Sutledje. Il va passer ensuite, du côté du midi, aux portes de Dehli, l'ancienne résidence du Grand Mogol, et il côtoie pendant quelque temps le cours de la Jumna. Passant bientôt après sur la rive gauche de cette rivière, il laisse Agra à 40 kilomètres dans le S.-O., et se prolonge dans les plaines du Bengale en côtoyant de loin le cours du Gange.

Enfin, après avoir parcouru plus de 1,000 kilomètres sur les terrains de transport subhimalayens, notre cercle coupe au sud de Ferrukabad l'*octaédrique* du lac Baïkal, et il entre immédiatement après sur les terrains de l'Inde centrale. Il y retrouve la Jumna, au cours de laquelle il s'associe approximativement sur une étendue de 70 kilomètres, qui comprend les confluents de cette rivière avec la Rond, la Betwa et la Cane. Il franchit une dernière fois la Jumna, au point où elle reçoit la Betwa, point qui est en même temps celui où la Jumna commence à côtoyer l'extrémité N.-E. du massif de roches primitives du Bundelcund.

Après avoir traversé ces roches schisteuses cristallines, notre

cercle pénètre dans le district formé par les roches secondaires variées, avec quelques proéminences de roches primitives, que la carte de M. Greenough figure sur les deux rives de la Sone. Dans ce dictrict fort étendu, il coupe le *primitif* du cap Castle, ainsi que l'*octaédrique* des Garrow-Hills, et il s'adapte à beaucoup d'accidents orographiques et stratigraphiques qu'il serait trop long de détailler. Je me borne à remarquer que dans cette contrée les vallées, les crêtes montagneuses et les limites des terrains s'infléchissent généralement de manière à présenter un angle obtus tourné vers le N.-O., et que le *diamétral* D*ac* passe presque toujours très-approximativement à cet angle, disposition qui rappelle celle de la stratification du Jura par rapport au *trapézoédrique* TI du système du mont Viso. (Voir ci-dessus, p. 278.)

Pénétrant ensuite par son angle N.-O. dans le massif de roches primitives des Sirgoojah-Hills, le *diamétral* D*ac* entre finalement dans le bassin de la rivière Braming, dont il suit le cours d'une manière générale. Il passe bientôt après dans la vallée du Mahanuddy, qu'il coupe à Kuttack, où commence son delta, c'est-à-dire précisément à l'endroit où ce fleuve est resserré par la pointe N.-E. des granites de Ramgur. Notre cercle rase cette pointe, qui, d'après la carte de M. Greenough, paraît être un des traits les plus caractérisés de la contrée. Il y est coupé simultanément par deux *dodécaédriques rhomboïdaux*, circonstance qui rappelle le croisement déjà cité plusieurs fois comme tombant à l'extrémité occidentale des Garrow-Hills, et qui constitue, de son côté, une coïncidence des plus remarquables entre le réseau pentagonal et la structure géologique de l'Inde.

On peut remarquer en même temps que le *diamétral* D*ac*, entré dans l'Inde par un angle, en sort par un autre angle, deux repères très-nettement dessinés sur la carte de M. Greenough, et qui suffiraient pour fixer approximativement sa position sur la surface du globe.

Entrant dans le golfe du Bengale par le delta du Mahanuddy, le

diamétral D*ac* va traverser l'île principale du groupe des Adamans, en laissant le volcan de l'île Barren à 70 kilomètres dans le N.-E. Il pénètre ensuite dans le détroit de Malacca, à l'entrée duquel il coupe, sous un angle très-aigu, le *trapézoédrique* T*b* du système du Tatra. Les deux cercles entrent de compagnie dans le détroit; mais, tandis que le *trapézoédrique* T*b* s'attache à la côte de la presqu'île de Malacca et aux îles qui y font suite, en en coupant seulement les pointes, le *diamétral* D*ac*, qui s'éloigne légèrement de l'autre cercle vers le S.-O., s'adapte à la côte de l'île de Sumatra et aux îles adjacentes, en tronquant légèrement les saillies qu'elles projettent dans le détroit. Au sortir du détroit, les deux cercles embrassent l'île de Banca, célèbre par ses gisements d'étain, le *trapézoédrique* T*b* coupant ses pointes N.-E., tandis que le *diamétral* D*ac* effleure l'une de ses ramifications dirigée au S.-O. et la laisse presque entièrement au N.-E.

Ce dernier cercle traverse ensuite l'île de Java, où il entre par la pointe Lasari, et où, d'après la carte de M. Léopold de Buch, il passe entre les deux volcans voisins l'un de l'autre de Talaga-Bodas et de Chermai. Continuant son cours à travers la Nouvelle-Hollande, il en sort par le détroit de Bass, en effleurant la pointe N.-E. de la terre de Van-Diemen, puis, rasant encore au midi de la Nouvelle-Zélande les îles Snares et Antipode, il va passer au point D, antipode du point D de Remda, d'où il se dirige vers les côtes du Pérou.

Les détails sommaires que je viens de donner sur les parties du *diamétral* D*ac* qui ne sont pas comprises dans le cadre de la carte géologique de la France suffisent pour montrer que, dans toutes les contrées qu'il traverse, ce grand cercle est en harmonie avec les accidents orographiques et géologiques, et ils tendent à confirmer ce que j'ai déjà dit à l'occasion de la province de Liége, qu'on ne pourrait le déplacer, même d'une très-petite quantité, sans lui faire perdre les priviléges dont la nature l'a doté.

Il nous reste à examiner si ce cercle remplit les conditions nécessaires pour être adopté comme *grand cercle de comparaison* du

système des Pays-Bas. Il est difficile d'en douter quand on voit comment, de Sprimont à Arras, il s'adapte à la structure stratigraphique de la zone houillère de la Belgique et de la Flandre. Quelques remarques sont cependant nécessaires.

Le *grand cercle de comparaison provisoire* du système des Pays-Bas, adopté en dernier lieu dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 361, partait de Mons avec l'orientation E.5° N.-O.5° S.

Ce même cercle passait presque exactement par le point D, près de Remda. C'était donc un de ceux dont il était le plus naturel de chercher le représentant parmi les cercles du réseau pentagonal qui se croisent au centre du pentagone.

Ce *grand cercle de comparaison* fait avec le *grand cercle de comparaison* du système du Ténare, d'après le tableau page 860 de la *Notice*, un angle de 76°13′32″. L'un des cercles primitifs du réseau pentagonal, le *primitif* du Land's-End, forme avec le *grand cercle de comparaison* du système du Ténare, et du même côté, un angle de 72 degrés. La différence est de 4°13′32″, et, quoique cette différence soit assez considérable, l'auteur avait d'abord été tenté d'adopter le *primitif* dont il s'agit pour représenter le système des Pays-Bas[1]. Cependant, comme il lui paraissait peu probable que l'orientation qu'il avait adoptée pour le système des Pays-Bas fût en erreur de 4 degrés, il a cherché si, parmi les *cercles auxiliaires* qui partent du point D, il n'en trouverait pas un qui représentât plus exactement l'orientation du système des Pays-Bas. Il a trouvé alors que le *diamétral* D*ac*, qui va du point D près de Remda à un point *a* situé dans la mer des Antilles, un peu au nord du cap Codera, fait avec le *grand cercle de comparaison* du système du Ténare un angle de 78°38′43″34, qui surpasse l'angle Ténare-Pays-Bas de 2°25′11″34 seulement. Cette différence, quoique considérable encore, est déjà cependant presque moitié moindre que la précédente.

Mais cette différence de 2°25′11″34 est elle-même susceptible de

[1] *Notice*, p. 1058.

réduction. En effet, l'auteur de la *Notice*, en adoptant (p. 361) l'orientation E.5°N.-O.5°S., annonçait immédiatement après qu'il ne l'adoptait qu'à titre provisoire, et que la détermination définitive du *grand cercle de comparaison* du système des Pays-Pas exigerait une revue plus complète de toutes les dislocations qui peuvent être rapportées à ce système. Pour rechercher l'orientation moyenne de ces dislocations, il les avait toutes comparées à la perpendiculaire à la méridienne de Rothenbourg, tracée rigoureusement de la mer d'Azof à l'Océan [1]. Ayant comparé à cette perpendiculaire les orientations de beaucoup d'accidents stratigraphiques du Cornouailles et du Devonshire, qu'il croyait alors devoir être rapportées en totalité au système des Pays-Bas, il avait trouvé qu'elle s'éloignait trop de la ligne E.-O., et il avait rapproché de la ligne E.-O. l'orientation à Mons. Mais aujourd'hui il paraît naturel, comme on le verra bientôt, de réserver les accidents statigraphiques susmentionnés du Cornouailles et du Devonshire pour faire partie d'un système dont le *primitif* du Land's-End serait le *grand cercle de comparaison*. Dès lors, il n'y aurait plus à tenir lieu que de la moyenne des autres orientations, qui tendrait à faire regarder la perpendiculaire à la méridienne de Rothenbourg comme trop rapprochée de la ligne E.-O. Or cette perpendiculaire donnerait pour Mons l'orientation E.6°5′46″N., laquelle réduirait la différence ci-dessus de 2°25′11″34 à 1°19′25″84, dont il faudrait encore retrancher la quantité dont la perpendiculaire à la méridienne de Rothenbourg devrait être éloignée de la ligne E.-O. au lieu d'en être rapprochée. De là il résulte que la différence, qui paraissait d'abord assez considérable, se réduit à une quantité indéterminée assez petite pour être négligée.

Le *diamétral* D*ac* passant d'ailleurs à quelques kilomètres seulement de Mons, il est évident que, sous le rapport de la position comme sous celui de l'orientation, on peut l'adopter comme *grand cercle de comparaison* du système des Pays-Bas.

[1] *Notice*, p. 296.

Quant au système des Pays-Bas considéré en lui-même, à son âge relatif, aux accidents stratigraphiques dont il se compose, le retranchement de certains accidents géologiques du Cornouailles et du Devonshire est le seul changement que ce qui précède conduise à faire à ce qui en a été dit dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*, page 291 et ailleurs. (Voir la table de l'ouvrage.)

Hexatétraédrique HaTTa.

Le cercle placé au vingt-huitième rang dans le tableau des 183 intersections est l'*hexatétraédrique* HaTTa.

Ce grand cercle est assujetti à passer par le point H situé, presque au centre de l'Inde, dans l'angle formé par le confluent des rivières Tapty et Poorna; par le point *a* situé, dans la Turquie d'Europe, au sud de Nissa; par le point T situé, en Espagne, à l'O.-N.-O. de Burgos; par le point T situé, dans l'océan Atlantique, au N.-E. de la Guadeloupe; par le point *a* situé, dans la mer des Antilles, au nord du cap Codera, et par les antipodes de ces cinq points. Il a pour pôles les deux intersections communes des cinq grands cercles auxquels ces points appartiennent comme pôles, et qui sont un *primitif*, deux *dodécaédriques rhomboïdaux* et deux *bissecteurs* IH. Ces deux intersections quintuples, figurées dans le tracé de M. Laugel, tombent, l'une dans l'océan Atlantique méridional, au S.-S.-O. du cap de Bonne-Espérance, l'autre dans l'océan Pacifique, au sud des îles Aleutiennes.

L'*hexatétraédrique* HaTTa pénètre dans le cadre de la carte géologique de la France par le côté oriental. Il traverse le golfe de Gênes et vient raser, près de Nice, à un demi-kilomètre de distance, le cap formé de dolomie appartenant au terrain crétacé inférieur, sur lequel s'élève le phare de Villefranche.

Bientôt, abordant la côte par le cap qui limite à l'est l'embouchure du Var, il traverse ce petit fleuve torrentiel au-dessous du pont de Saint-Laurent, à moins d'un kilomètre de l'endroit où ses

eaux tombent dans la mer, et il va passer près de Cagnes, au point de croisement déjà cité (p. 272, 320 et 384), où il rencontre simultanément le *primitif* de la Nouvelle-Zemble représentant du système du Rhin, le *trapézoédrique* TT*bbc* représentant du système du Sancerrois, et son homologue le *trapézoédrique* TT*bbc* de l'Hécla.

Plus loin, notre cercle, traversant la masse de mélaphyre de Biot et des surfaces peu élevées formées de calcaire crétacé et de muschelkalk, passe dans la ville de Grasse, bâtie dans l'abri formé par les dernières montagnes calcaires détachées en avant des Alpes. Pénétrant obliquement dans la région montueuse, il rase au midi le pied de la montagne de la Cabrière, élevée de 1,130 mètres, qui est la plus avancée vers le sud des cimes alpines de cette région. Il coupe ensuite, comme on l'a déjà dit page 315, le *trapézoédrique* T*a* du système du Vercors, en un point qui tombe sur le saillant S.-O. du massif alpin, et il traverse, à 2 kilomètres plus à l'ouest, la ville d'Aups, qui est bâtie à son pied.

Dans la plaine plus basse, mais toujours accidentée en petit, du département du Var, notre cercle rase l'extrémité septentrionale du relèvement de muschelkalk de Barjols, et il va passer à Rians, petite ville bâtie sur un autre relèvement de muschelkalk. Celui-ci est très-circonscrit, et, dans l'intérieur de ses étroites limites, l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a* coupe, ainsi qu'on l'a dit ci-dessus, page 304, l'*hexatétraédrique* H*aa*. Chacun des deux cercles trouve là un point de repère très-précis.

Côtoyant ensuite le pied septentrional de la crête de calcaire jurassique qui limite au nord la vallée de Vauvenargues, notre cercle va couper le *diamétral* D*c* du système des Alpes occidentales au N.-O. de Puyricard, sur un plateau miocène que contourne la vallée de la Touloubre.

Plus loin, notre cercle traverse Corfoux, et, laissant au sud, à 2 kilomètres de distance, la pointe N.-O. de l'étang de Berre, il entre dans la plaine de la Crau en coupant le fossé d'irrigation dérivant du canal de Craponne précisément au point que la topo-

graphie locale a fait choisir pour y placer le pont-viaduc du chemin de fer de Marseille à Arles, nouveau repère d'une précision singulière.

En passant de la Crau dans la Camargue, notre cercle traverse le bras principal du Rhône, et il coupe immédiatement après, comme on l'a dit précédemment, page 295, le *diamétral* D*ac* du système du Forez. Effleurant le contour septentrional de l'étang de Valcarès, et laissant Aigues-Mortes à 3 kilomètres au nord, il entre dans le golfe d'Aigues-Mortes par le débouché du canal d'Aigues-Mortes, qui est probablement une des plus anciennes embouchures du Rhône, depuis longtemps plus ou moins complétement oblitérée.

Ressortant ensuite du golfe d'Aigues-Mortes pour aborder le littoral du Languedoc, l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a* y pénètre par l'embouchure aujourd'hui canalisée du Lez, qui est la rivière de Montpellier. Le cordon littoral du golfe d'Aigues-Mortes, qui le sépare des étangs dont il est bordé, étant étroit et fixe, les coupures par lesquelles passaient les eaux du bras occidental du Rhône et celles du Lez sont probablement des points invariables, qui constituent pour notre cercle deux nouveaux repères des plus remarquables.

Ce même cercle, franchissant la crête jurassique de Miravaux, traverse la plaine tertiaire du département de l'Hérault. Il y coupe l'Hérault au confluent de la Boyne, puis des rivières de moindre importance aux confluents de divers ruisseaux, et enfin l'Orb au détour qu'elle présente en passant du terrain schisteux dans le terrain tertiaire, détour où aboutit le ruisseau de Berlou et à 1 kilomètre au-dessous duquel elle reçoit la rivière de Bernacabre, qui descend de Saint-Chinian en côtoyant le terrain schisteux.

Entrant enfin sur ce terrain, notre cercle passe au sommet de la montagne schisteuse située au N.-N.-O. de Saint-Chinian, et, comme on l'a déjà dit page 354, il y coupe simultanément l'*hexatétraédrique* H*baab* de Noutron et le *bissecteur* DH du système du mont Seny.

Suivant ensuite la crête schisteuse et granitique qui sépare les

affluents du Tarn de ceux de l'Aude, et sur laquelle il passe à la cime des monts Saint-Félix, élevée de 1,210 mètres, l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a* y rencontre, comme on l'a déjà dit page 286, le *trapézoédrique* T*b* du système de la Vendée. Passant à travers les rigoles dans lesquelles on a réuni, avec un art si justement admiré, les eaux de la montagne noire destinées à l'alimentation du canal du Languedoc, notre cercle laisse à 1 kilomètre au nord la pointe occidentale de la masse granitique de Sorèze, et coupe la ligne du canal à l'O. d'Avignonet, près du coude que forme à son approche la rivière de Mares.

Après avoir traversé les vallées de l'Ariége et de la Garonne ainsi que les plateaux tertiaires dans lesquels elles sont creusées, notre cercle va couper au N.-N.-E. d'Aurignac, sur la rive droite de la Touch, dont il suit à peu près la direction, le *trapézoédrique* T*abc* du système du Longmynd.

Poursuivant son cours sur les plateaux tertiaires du Bigorre, où il passe à la source même de la Touch, l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a* rase avec une étonnante précision, entre Castelnau-de-Magnoac et Mauléon, près du confluent de plusieurs ruisseaux qui tombent dans le Gers, le dernier relèvement de terrain crétacé inférieur qui forme la pointe occidentale extrême du chaînon oriental des Pyrénées. Il coupe ensuite le *diagonal* I*b* du système du mont Serrat sur la rive gauche de l'Arros, près du point où deux ruisseaux viennent, dans des directions opposées, s'y jeter, l'un en face de l'autre, au-dessous de Clarac.

Passant dans la ville de Tarbes, où il traverse l'Adour, il en sort en coupant la Jespe immédiatement au-dessous du confluent d'un ruisseau qui descend comme elle des Pyrénées. Bientôt après il franchit le gave de Pau à 2 kilomètres au-dessous de Nay, où cette rivière forme un coude à sa sortie des montagnes, et plus loin, passant à 3 kilomètres au midi d'Oleron, il coupe les différents torrents qui se réunissent aux portes de cette ville pour former le gave d'Oleron.

Il entre alors obliquement dans les Pyrénées, où il rase au S. plusieurs cimes formées de terrain crétacé inférieur, et au pied S.-O. de la dernière, qui domine la source de la Bidouze, il coupe, comme on l'a dit précédemment, page 358, le *diamétral* D*ac* du système de la Côte-d'Or.

Franchisssant la Bidouze naissante au point où elle sort du terrain schisteux et rasant la pointe S.-E. d'un lambeau de grès bigarré, notre cercle, qui s'adapte d'une manière assez remarquable aux accidents orographiques du Pays Basque, traverse la frontière au S.-O. des Aldudes et va passer, à Villafranca, au confluent de l'Orio et de l'Urola. Plus loin, il s'associe, au-dessous de Mondragon, à la vallée de la Beba, dans une étendue de 8 kilomètres, qui comprend plusieurs confluents, et ensuite, entre Villareal et Murgnia, aux détours prononcés et correspondants entre eux de plusieurs rivières qui se réunissent près de Vittoria.

Mais ici l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a* entre dans la partie de la carte qui a dû être sacrifiée pour l'établissement des légendes, et où on aurait trouvé peut-être la confirmation des indices qui sembleraient lui assigner, dans les Pyrénées basques, un rôle stratigraphique important.

Ce grand cercle, jalonné avec une grande précision, dans toute la largeur de la carte géologique de la France, par des accidents orographiques et géologiques très-nets et de peu de largeur, et même par des ouvrages humains, passe au point T situé à l'O.-N.-O. de Burgos, et, sortant de la Péninsule approximativement par l'embouchure du Minho, il entre dans l'océan Atlantique, où il se dirige vers les Açores.

Il ne rencontre dans cet archipel que l'île de San-Miguel, dont il coupe la partie S.-E. Il l'aborde par le bas fond assez étendu que projette l'île vers l'E.-N.-E. en avant de la pointe d'Arnel, passe à cette pointe même, ainsi qu'à la cime du pic de Vora, élevé de 3,569 pieds anglais (1,088 mètres) et le plus haut de toute l'île, suit exactement la crête que couronne ce pic, sort de l'île par les

rochers qui accompagnent la pointe de Galera, et s'en éloigne en rasant l'extrémité du bas fond qui s'avance à l'O.-S.-O. de l'Agoa-do-Pao. Il est parallèle à une autre crête située au N.-O. de la première et couronnée par le Serro-da-Agoa, élevé de 3,070 pieds anglais (936 mètres), ainsi qu'à d'autres alignements que la carte fait apercevoir. Il serait difficile de tracer sur la carte de l'*Hydrographical Office* une ligne mieux adaptée à l'orographie de l'île de San-Miguel et plus propre à représenter l'une des principales directions qui s'y dessinent.

Achevant de traverser l'océan Atlantique, l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a* se dirige vers le point T situé au N.-E. de la Guadeloupe, où il est assujetti à passer. Bientôt après il coupe l'île même de ce nom dans toute sa largeur, en passant approximativement, dans la partie basse et avancée à l'est appelée *la Grande-Terre*, à la pointe de la Grande-Falaise et à l'anse du Petit-Canal, et en pénétrant par la grande rivière à Goyaves, dans la Guadeloupe proprement dite, où il laisse un peu au sud le Sans-Touché, sommet le plus élevé du groupe trachytique de la Basse-Terre.

La Guadeloupe est, parmi les Antilles, une des îles où les feux souterrains ont conservé le plus d'activité. L'*hexatétradrique* H*a*TT*a* paraît raser vers le N.-O. le contour extérieur du foyer sans cesse menaçant qui existe au-dessous d'elle dans les profondeurs de la terre. Il laisse au S.-E., à 10 kilomètres de distance, la Pointe-à-Pître, ville célèbre par les désastres que, naguère encore, les tremblements de terre lui ont fait éprouver, et à 19 kilomètres le volcan détaché de la Soufrière, bien connu aujourd'hui par les savants travaux de M. Charles Sainte-Claire-Deville. Il l'est beaucoup mieux que le large massif du Sans-Touché, dans lequel passe notre cercle; mais on peut remarquer que celui-ci s'en dégage vers l'ouest par la Pointe-à-Lézard, où il rase l'extrémité septentrionale de l'anse de Bouillantes, en laissant, à moins d'un kilomètre dans le S.-E., les sources thermales auxquelles elle doit son nom. Ces sources remarquables, qui, avec leurs jets de vapeur

comparables aux étuves de Néron, peuvent être citées comme l'une des manifestations volcaniques les mieux caractérisées de l'île entière, sont en même temps un des repères les plus nets de l'*héxatétraédrique* H*a*TT*a*.

Dans la mer des Antilles, au delà du point *a* voisin du cap Codera, où il est assujetti à passer, notre cercle traverse la chaîne des îles Sous-le-Vent, en coupant dans sa partie occidentale le groupe d'îlots de Los Roques, et il va aborder la côte de la Terre ferme au fond du golfe Triste, un peu à l'O. de Porto-Cabello.

Passant dans les montagnes du Barquisimento et approximativement par la ville de Truxillo, notre cercle laisse au S.-E. la ville de Santa-Fé de Bogota et suit le pied N.-O. de la Cordillère orientale de la Nouvelle-Grenade. Il traverse dans leurs parties supérieures les vallées du Rio-Magdalena et du Rio-Cauca, et il passe au nœud de Los Robles, où il coupe, à l'O. de Popayan et au pied de la haute cime située à la naissance du Rio-Timbio (citée précédemment, page 175), le *dodécaédrique rhomboïdal* axe volcanique du Pacifique.

Côtoyant ensuite obliquement le pied des Andes de Los Pastos et de Quito, notre cercle s'en éloigne peu à peu, et, passant à la base méridionale du cap de San-Lorenzo, au nord de la baie de Guayaquil, il entre dans l'océan Pacifique, où il ne rencontre de longtemps aucune terre.

Si nous revenons maintenant au point de départ pour suivre vers l'E. le cours de l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a*, nous trouverons qu'au delà du golfe de Gênes il aborde la côte d'Italie un peu au N. de l'embouchure de l'Arno. Tracé sur la belle carte géologique de l'Italie par M. H. de Collegno, il passe un peu au midi de Pise, puis à Vico-Pisano, et remonte la vallée de l'Arno jusqu'à Monte-Lupo, où ce fleuve sort du terrain de macigno nummulitique pour entrer dans les dépôts pliocènes. Notre cercle traverse ensuite les Apennins en tronquant légèrement la pointe septentrionale de leur noyau jurassique, et en sort en passant, à Colmazzo, au con-

fluent du Mercatello et de la rivière d'Acqualagna. Franchissant enfin la zone des terrains pliocènes subapennins du littoral adriatique, il va raser au nord le cap jurassique d'Ancône et couper le *primitif* de l'Etna, représentant du système du Ténare, au même point que son homologue l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a*, représentant du système de l'Érymanthe et du Mermoucha.

Au delà de l'Adriatique, notre cercle, asujetti à passer au point *a* au sud de Nissa, traverse la Dalmatie et la Turquie d'Europe pour aller couper au nord de Constantinople la partie méridionale de la mer Noire. Parcourant ensuite l'Asie Mineure et l'Arménie, où il rencontre les lacs de Van et d'Ourmiah, puis la Perse, où il passe approximativement à Téhéran, il entre dans l'Inde, d'après la carte de M. Greenough, par le Gundava ou Moola-Pass, de même que le *primitif* du Land's-End y entre, ainsi qu'on l'a vu page 146, en passant approximativement par les défilés de Bholun, et il franchit l'Indus, à l'E.-N.-E. du lac Munchur, dans une des inflexions de son cours.

Cette inflexion est, à la vérité, peu prononcée, et on peut toujours hésiter sur l'importance à attribuer, au point de vue qui nous occupe, à une inflexion légère d'une vallée aussi évidemment façonnée par les courants diluviens que l'est celle de l'Indus au-dessous des défilés du Salt-Range. Mais l'Indus est bordé à l'ouest, sur 1,100 kilomètres de longueur, par une région montagneuse attenante à l'Afghanistan et au Bélouchistan et qu'on pourrait croire mal connue. Or, parmi les cercles du réseau pentagonal, préalablement étudiés en Europe, que nous avons poursuivis jusque dans l'Inde, il en est quatre qui traversent cette région; ce sont, en allant du nord au sud, 1° le *diamétral* D*ac* du système des Pays-Bas, qui entre dans les plaines subhimalayennes par leur angle N.-O. (p. 440) en côtoyant le pied du Salt-Range; 2° le *trapézoédrique* T*b* du système du Tatra, qui rase le pied méridional du mont Takht-i-Suliman, élevé de 3,910 mètres (p. 429); 3° le *primitif* du Land's-End, qui passe approximativement, comme on vient de le rappeler, aux

défilés de Bholun (p. 146), et 4° enfin notre *hexatétraédique* HaTTa, qui passe au défilé du Gundava ou Moola-Pass. Chacun des quatre cercles trouve dans cette région un jalon, et un jalon des plus remarquables, fait d'où l'on peut inférer que les officiers ou autres agents chargés par l'*East India Company* de recueillir, pour la marche de ses armées, les documents topographiques communiqués plus tard à M. Greenough, ont rempli leur mission avec conscience et discernement; car si, pour me servir d'une expression vulgaire, leurs cartes étaient des romans, comment quatre cercles du réseau pentagonal s'accorderaient-ils pour y trouver des points de repère aussi fortement caractérisés?

Ces remarques augmentent ma confiance dans la valeur des coïncidences que j'ai signalées entre les cercles du réseau et les traits intérieurs de l'Himalaya. La carte géologique de l'Inde par M. Greenough n'est pas gravée aussi finement que sa belle carte géologique de l'Angleterre; mais toutes les épreuves auquelles je l'ai soumise me portent à penser que la topographie en est très-bonne, dans ce qu'elle a d'essentiel.

Au delà de l'Indus, notre cercle, traversant les déserts du Sinde et coupant la rivière Loony un peu au-dessous du confluent de la rivière Sookree, tronque légèrement l'extrémité S.-O. de la chaîne appelée *Ooturen-Range*, prolongation de la chaîne d'Oravelly : il passe au confluent des rivières Seepoo et Bunass, entre lesquelles expire un autre rameau du même système.

Après avoir coupé les rivières Saubermuttee et Hautinuttee, chacune près d'un coude prononcé de son cours, notre cercle entre dans le massif du Salamber-Range, où il s'ajuste à plusieurs des traits stratigraphiques principaux et où il passe la rivière Anass à sa sortie d'un défilé granitique. Plus loin, s'adaptant au cours supérieur de cette rivière, il effleure l'extrémité occidentale de la longue chaîne trappéenne appelée *Vindhya Montains*. Il franchit la rivière Nerbudda un peu à l'ouest du sommet de l'angle rentrant que présente le contour du grand massif trappéen de l'Inde centrale, sur

lequel il va passer au point H situé dans l'angle formé par le confluent des rivières Tapty et Poorna.

Se prolongeant ensuite sur le plateau trappéen du Deccan, où il coupe la chaîne des Payen-Ghaut, il s'en éloigne par la vallée de l'Arran, dont il sort par le confluent de cette rivière avec la Pain-Ganga, qu'il suit elle-même jusqu'à une inflexion très-prononcée de son cours. Passant alors dans la vallée du Godavery, il suit le cours de ce grand fleuve sur une longueur de 450 kilomètres, en le côtoyant souvent et en coupant ses sinuosités en cinq points successifs. Le dernier de ces points d'intersection est l'extrémité de la principale diramation du delta dont il traverse l'embouchure, dirigée au nord par les courants marins, pour entrer dans le golfe du Bengale entre les ports de Caringa et de Mazulipatam, de même qu'il entre en France entre Nice et Antibes en coupant l'embouchure du Var.

On a vu qu'il passe aussi, au moins approximativement, par les embouchures du Minho et de l'Arno, et on se rappelle que le *dodécaédrique rhomboïdal* axe volcanique de la Méditerranée entre lui-même dans le golfe du Bengale (p. 172) par les bouches réunies du Gange et du Brahmaputra. Ce phénomène, est fréquent même dans les fleuves qui ont un delta, et il démontre, *en fait,* l'influence qu'exerce la symétrie pentagonale jusque sur les phénomènes géologiques le plus livrés en apparence aux caprices du hasard.

Au delà du golfe du Bengale, l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a*, se dirigeant vers le point *a* situé au midi de Java, où il est assujetti à passer, parcourt dans toute sa longueur l'île de Sumatra, et il paraît s'adapter assez heureusement à quelques-unes des crêtes montagneuses que les cartes y figurent. Il rase à l'est la base du mont Ophir ou Berapi, volcan considérable près duquel il coupe le *dodécaédrique régulier* du cap Corrientes et de Singapour. (Voir ci-dessus, p. 79.)

Sortant de Sumatra au nord du détroit de la Sonde, notre cercle traverse l'île de Java, où, d'après la carte déjà citée de M. Léopold

de Buch, il passe au volcan de Tilo, situé entre les deux volcans plus connus de Gede et de Papandayang[1].

Traversant ensuite la Nouvelle-Hollande, la Nouvelle-Zélande et l'archipel des îles Chatam, notre cercle va gagner les côtes du Pérou près du cap San-Lorenzo. Je ne puis le suivre actuellement dans tous ces parages, mais je ferai encore à son occasion une dernière remarque.

Le point où l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a* coupe l'équateur, près du volcan de Berapi, est l'antipode de celui où il coupe l'équateur sur le versant occidental des Andes de Quito. Les antipodes d'une partie de la Cordillère de la Nouvelle-Grenade tombent dans l'île de Sumatra. Trois des cercles que nous venons d'étudier, le *trapézoédrique* T*b* du système du Tatra, le *diamétral* D*ac* du système des Pays-Bays et l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a*, côtoient la Cordillère de la Nouvelle-Grenade, comme ils côtoient, en les traversant longitudinalement, l'île de Sumatra et le détroit de Malaca. Le golfe de Gayaquil, échancrure la plus profonde et presque unique de la côte occidentale de l'Amérique, entre les îles de Chiloe et Panama, correspond très-approximativement au détroit de Malaca. On a vu ci-dessus, page 182, que le grand volcan de Gunong-Dempo est situé presque exactement aux antipodes des volcans américains de Sotara et de Puracé. Les antipodes de la Cordillère de la Nouvelle-Grenade, dessinés sur la carte de l'île de Sumatra, en couvriraient la partie méridionale et la prolongeraient vers le S.-E. L'île de Java est presque l'antipode de la Cordillère littorale de Venezuela, à laquelle M. Léopold de Buch la compare pour la structure et la composition de celles de ses montagnes qui ne sont pas volcaniques[2]. Il y aurait une étude comparative à faire de ces contrées diamétralement opposées sur le globe, étude dans laquelle nos trois cercles joueraient un rôle important.

[1] *Description physique des îles Canaries, suivie d'une indication des principaux volcans du globe*, par M. Léopold de Buch, traduite de l'allemand par M. C. Boulanger, p. 427.

[2] *Ibid.* p. 417.

Sans aborder cette étude, je consigne seulement ici l'observation suivante : Les dentelures que présente la côte d'Amérique de part et d'autre du golfe de Guayaquil sont situées dans la prolongation des chaînes de la Nouvelle-Grenade; les axes de ces chaînes traversent donc les Andes de Los Pastos et de Quito sans dévier de leur direction. Ici, comme dans les Alpes et dans l'Himalaya, les directions stratigraphiques se traversent mutuellement sans se confondre. On peut en citer beaucoup d'autres exemples dans lesquels on voit deux directions qui se croisent poursuivre l'une et l'autre leur cours, sans déviation, sur des étendues considérables.

Mais cette digression m'éloigne de l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a*. En résumé, ce grand cercle, jalonné en France avec une grande netteté, l'est également aux Açores, aux Antilles, dans l'Inde, à Sumatra, à Java, etc. En voyant en outre avec quelle précision il s'adapte aux crêtes montagneuses de certaines contrées, le midi des Cévennes, les Pyrénées basques, l'île de San-Miguel, Sumatra, etc., j'ai peine à croire qu'il ne soit pas destiné à devenir prochainement le grand cercle de comparaison d'un nouveau système de montagnes.

Primitif du Land's-End.

Le cercle placé au vingt-neuvième rang dans le tableau des 183 intersections est le primitif du Land's-End.

Une monographie assez étendue de ce grand cercle a été donnée dans le cours du présent Rapport, page 144; mais il y a été dit qu'on reviendrait plus tard sur les circonstances de précision avec lesquelles il traverse le nord de l'Allemagne et la Belgique. Le moment est venu de combler cette lacune.

Suivi de l'est à l'ouest conformément à l'ordre d'inscription des intersections dans le tableau, le *primitif* du Land's-End aborde le cadre de la carte géologique de la France par le côté oriental. Dans les plaines de grès bigarré de la Hesse, il coupe le petit massif basaltique situé entre Schwarzenborn et Neukirchen, et traverse au

N. de Siegen les terrains schisteux de la Westphalie, où il s'adapte à certaines dispositions hydrographiques : il y rencontre, sur la rive gauche de l'Agger, le *trapézoédrique* T*a* du système du Vercors.

Passant le Rhin un peu au-dessus de Cologne, dont il effleure au midi les ouvrages de fortification, il croise à l'ouest de cette ville le *trapézoédrique* T*abc* du système du Longmynd, et il va traverser la ville de Juliers, où il franchit la Roër à 2 kilomètres au nord du confluent de la rivière de Lamersdorf.

Cheminant sur des terrains plats formés de dépôts récents, il coupe perpendiculairement, dans la vallée de Heerlen, l'*hexatétraédrique* H*aa*, et traverse la Meuse à Recken, à 2 kilomètres au-dessous du contour qu'elle forme au confluent de la rivière de Fauquemont. Il coupe ensuite la Dyle à 3 kilomètres au-dessous de Louvain, la Senne à 5 kilomètres au N. de Bruxelles, l'Escaut au-dessous d'Audenarde, à 1 kilomètre au midi du confluent de la Sivalme, la Lys au-dessous de Courtrai, et, comme on l'a dit ci-dessus, page 276, il rencontre le *trapézoédrique* TI du système du mont Viso, près de Roosebeke, sur le saillant N.-E. d'un plateau de terrain tertiaire inférieur.

Passant au N. d'Ypres, de Cassel et de Watten, notre cercle laisse au S. les petites montagnes de terrain tertiaire inférieur qui accidentent cette partie de la Flandre, et, cheminant sur des plaines basses formées de dépôts modernes, il va couper dans ses parties les plus élevées le massif crayeux du cap Blanc-Nez. Il passe ensuite à Wissant, où il entre dans le Pas-de-Calais par la plage où, d'après l'une des versions accréditées, César s'embarqua pour la conquête de la Grande-Bretagne, et il rase au nord, à moins de 1 kilomètre de distance, le phare du cap Gris-Nez, qui éclaire l'ouverture du détroit. Ainsi qu'on l'a vu précédemment, page 291, il rencontre, en entrant dans la Manche, le *diamétral* D*ac* du système du Forez.

Vers le milieu du canal, il rencontre le *trapézoédrique* TT*bbc* de

l'Hécla, et, passant devant le port de Hastings, il aborde la côte d'Angleterre par les petites falaises wealdiennes de Pevensey-Haven.

Construit avec précision sur la belle carte géologique de l'Angleterre par M. Greenough, où cette opération est entravée par l'omission du tracé des méridiens et des parallèles, le *primitif* du Land's-End atteint, à Meiston, les collines crayeuses des South-Downs, qu'il traverse obliquement en laissant Beachy-Head à 10 kilomètres dans le sud.

Passant immédiatement au N. de Brighton, il chemine sur la plage de Shoreham, traverse le dépôt tertiaire littoral de Middleton et de Bognor, et, coupant l'entrée du havre de Chichester, il pénètre dans la célèbre rade de Spithead, où il rase les pointes de South-Castle et de Gosport, en laissant à 2 kilomètres au nord la ville et l'arsenal de Portsmouth.

Tronquant ensuite la pointe septentrionale de l'île de Wight, où il passe dans la ville d'East-Cowes, et traversant le Solent, dont il sort par la rivière de Lymington, il entre sur les terrains tertiaires du Hampshire, où il coupe, à Christchurch, la rivière Avon, et, près du havre de Poole, le *trapézoédrique* T*b* du système de la Vendée. Il n'en sort que pour traverser au S. de Dorchester la craie des South-Downs et pour entrer dans la Manche à l'extrémité S.-E. de la falaise oolithique de Burton-Cliff. Il laisse au sud, à une distance qui ne dépasse pas 10 à 12 kilomètres, la ligne de soulèvement de l'île de Wight, de l'île de Purbeck et du Dorsetshire. Dans la Manche, où il rencontre le *trapézoédrique* TI*a* du système du Morbihan, notre cercle passe à quelques kilomètres au large de Lyme-Regis, mais bientôt il retrouve la côte, où il coupe, au midi d'Exeter, les embouchures de l'Otter et de l'Exe, au milieu de collines de marnes irisées et de grès vert.

Au delà de ces terrains secondaires, le *primitif* entre un peu au nord de Chudleigh dans les terrains anciens du Devonshire, où il coupe de prime abord les deux branches de la rivière Teign, chacune au confluent d'un ruisseau. Entre les deux branches de la

Teign, il passe à Hennock, où M. Greenough indique, dans les terrains paléozoïques, des mines de plomb et de magnésie, ainsi que des gisements de tourmaline et d'apatite (chaux phosphatée). Abordant par sa saillie la plus orientale le massif granitique du Dartmoor, qu'il traverse, comme on l'a vu ci-dessus, page 144, à peu près par son milieu, ou, pour mieux dire, suivant le plus grand diamètre de son expansion septentrionale, il en sort par la sinuosité rentrante la plus prononcée de sa limite occidentale, sinuosité dans laquelle pénètre le calcaire devonien qui renferme les mines de cuivre, d'étain et de plomb de Tavy. Notre cercle passe entre les villages de Saint-Peter-Tavy et Saint-Mary-Tavy, au milieu des signes conventionnels que M. Greenough a placés sur sa carte pour indiquer les gîtes métallifères. Ils sont tous compris dans une sorte de bassin formé par la réunion de plusieurs vallons convergents qui viennent se réunir à la vallée de la rivière Tavy, tout près du point où notre cercle la traverse.

Cette rivière, en poursuivant son cours vers le havre de Plymouth, passe bientôt à Tavistock, ville située à 4 kilomètres seulement au S. du *primitif* du Land's-End, et bien connue par les mines de cuivre et d'étain qu'on exploite dans son voisinage. Les mines de Tavistock sont ouvertes sur plusieurs filons dont les directions sont parallèles à notre cercle, et cette direction est une de celles qui se rencontrent le plus fréquemment dans les filons métallifères du Devonshire et du Cornouailles. Elle est la plus fréquente aussi dans les Dykes d'Elvan, filons de roches porphyriques et quelquefois granitoïdes qui se montrent en grand nombre dans les mêmes régions que les gisements des substances métalliques. On la retrouve également dans les filons ou assises interstratifiées de trapp, qui abondent dans toute la presqu'île et même dans les couches redressées des différentes formations paléozoïques qui y constituent en grande partie le sol. Ces quatre classes de directions s'infléchissent souvent suivant plusieurs orientations très-diverses, mais la plus fréquente de ces orientations est celle de notre *primitif*.

On en voit un exemple très-bien développé dans la région qui s'étend à l'O. des gîtes métallifères de Tavy. Notre cercle s'y avance au milieu de lignes trappéennes qui lui sont d'abord parallèles pour se recourber ensuite autour du massif granitique du Bodminmoor, et c'est avec ce cortége qu'il va traverser la rivière Thamar, dont il coupe trois fois le lit dans le crochet très-prononcé qu'elle forme au-dessous du confluent de l'Inny. Le *primitif* remonte ensuite le cours de cette dernière rivière dans l'étendue de 5 kilomètres, rencontrant ainsi au centre de la presqu'île et de tous ses accidents géologiques une adaptation hydrographique des mieux accentuées.

Poursuivant son cours vers l'ouest, ce même cercle traverse à peu près par son milieu la masse de granite du Bodminmoor, où il entre en coupant la rivière Lynher près du confluent d'un ruisseau, et d'où il sort en franchissant, à 1 kilomètre au nord de leur point de réunion, la rivière Allen et l'un de ses affluents. Plus loin, il rentre dans le terrain schisteux (*killas*), où existent encore des filons d'elvan et des bandes trappéennes dont les directions lui sont souvent parallèles ou s'infléchissent de manière à le devenir, à peu près comme le font les affleurements des couches carbonifères de la Belgique et de la Flandre par rapport au *diamétral* D*ac* du système des Pays-Bas. S'adaptant enfin, au S. de Padstow, au côté méridional de la vallée de l'Allen élargie par les marées, le *primitif* entre dans l'Océan, comme on l'a dit précédemment, page 144, en coupant la côte entre les pointes de Pencarn et de Trevose-Head.

On voit que, dans les parties où il traverse le cadre de la carte géologique de la France, le *primitif* du Land's-End est jalonné, comme il l'est dans les autres parties de son cours, ainsi qu'on l'avait annoncé page 148, par beaucoup de points remarquables. Il l'est avec une précision qui se constate d'autant mieux qu'on emploie une carte plus parfaite. Nulle part cette précision n'est plus manifeste que sur la belle carte géologique de l'Angleterre par

M. Greenough, carte sur laquelle notre cercle est représenté avec une exactitude suffisante par une ligne droite, tangente, au sud, au signe représentant le village de Hennock, au N.-O. de Chudleigh, et coupant par son milieu le signe cuivre (♀) placé entre la ville de Padstow et le village de Little-Patrick. Peut-être la précision serait-elle plus frappante encore sur les cartes du *Geological Survey;* mais, à cause de la projection de ces dernières, il n'est pas facile d'y tracer un cercle avec exactitude[1].

Dans le Devonshire et le Cornouailles, le *primitif* du Land's-End est parallèle à une nombreuse série d'accidents stratigraphiques déjà signalés ailleurs[2], qui probablement font partie d'un système de montagnes dont il serait le grand cercle de comparaison.

L'auteur de la *Notice sur les systèmes de montagnes* l'a désigné sous le nom de *Land's-End Apscheron*, et l'a supposé contemporain de la discordance de stratification constatée par sir Henri de la Bèche entre le vieux grès rouge et le calcaire carbonifère.

Je rappelle de nouveau au lecteur que le paragraphe qui vient d'être consacré au *primitif* du Land's-End a pour objet de combler une lacune laissée (page 144) dans l'article consacré à l'ensemble de ce grand cercle, article dont ce qui précède corrobore les conclusions, qu'il serait inutile de répéter. (Voir page 148.)

Sur les intersections des cercles du réseau pentagonal qui tombent dans le cadre de la carte géologique de la France.

Le *primitif* du Land's-End est le vingt-neuvième et dernier des cercles auxquels se rapporte le tableau des 183 intersections[3]. Ici se termine, par conséquent, la série des monographies partielles commencées à la page 244 par celle de l'*octaédrique du mont Sinaï* (système des Pyrénées); mais, pour compléter l'étude des *relations*

[1] *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 1065.

[2] *Notice*, p. 329 et 334.

[3] *Comptes rendus*, t. LXII, p. 1257, séance du 11 juin 1866, et t. LXIII, p. 69, séances des 9, 16, 23 juillet 1866.

existantes entre le réseau pentagonal et la constitution du sol de la France et des contrées limitrophes, il reste encore à ajouter quelques remarques au sujet de ces points d'intersection ou de croisement, calculés au nombre de 183, qui ont fourni les moyens de construire les 29 cercles du réseau pentagonal dont le cours a été figuré et étudié sur la carte géologique de la France.

Je ferai observer d'abord que douze des points calculés, tombant dans les parages de la Corse, mais en dehors du cadre supplémentaire qui renferme cette île, n'ont pu être marqués sur la carte géologique de la France. Ils n'ont cependant pas été calculés en pure perte, car ils ont été construits sur les meilleures cartes de la mer Tyrrhénienne et des côtes d'Italie, et ont servi à y tracer les cercles du réseau qui les traversent et dont le cours a été décrit ci-dessus.

Les intersections dont les positions ont pu être figurées sont donc seulement au nombre de 171, et elles n'ont même pas donné 171 points réellement différents, parce qu'un certain nombre de ces intersections se sont réunies, 3 à 3, 6 à 6, 10 à 10, en un seul et même point.

Le calcul a donné en effet, comme le montre le tableau, dans chacun des cas dont il s'agit, pour plusieurs intersections inscrites l'une à la suite de l'autre, des latitudes, des longitudes et des orientations qui ne différaient que dans les centièmes ou tout au plus dans les dixièmes de seconde, c'est-à-dire de quantités dont on ne peut répondre dans les calculs exécutés avec les tables de logarithmes à sept décimales, qui ont été employées. Des jalons placés sur le terrain d'après les chiffres obtenus ne seraient éloignés que de quelques mètres. Les cercles qui donnent ces intersections ne paraissent se couper en des points différents que par suite de l'imperfection inévitable du calcul logarithmique. Ils se rencontrent sans aucun doute en un seul et même point; mais ce point représente plusieurs intersections réunies.

Lorsque trois cercles se coupent en des points très-voisins, ils

constituent un petit triangle dont les trois sommets forment chacun une intersection distincte; mais, si on suppose que les cercles se resserrent et que les côtés du triangle deviennent nuls, les trois intersections se confondent.

Lorsque quatre cercles se coupent, ils forment quatre triangles ayant en tout douze sommets dont chacun appartient à deux triangles, ce qui donne seulement six intersections distinctes qui se confondent toutes ensemble lorsque, par un mouvement de concentration des cercles, les côtés des triangles deviennent nuls.

Lorsque cinq cercles se coupent, ils forment dix triangles ayant en tout trente sommets appartenant chacun à trois triangles, ce qui donne dix intersections distinctes qui se réunissent en un même point quand les côtés des triangles deviennent nuls par l'effet d'un petit mouvement des cercles.

Les 171 intersections construites sur la carte géologique de la France donnent :

113 points de croisement simples, où passent seulement deux cercles;

12 points de croisement triples, où passent trois cercles;

2 points de croisement quadruples, où passent quatre cercles;

Et 1 point de croisement quintuple, où cinq cercles différents se rencontrent.

Je ferai remarquer d'abord que les nombres et l'espèce de classification qui viennent d'être donnés ont un caractère essentiellement provisoire. Si aux 29 cercles étudiés sur la carte géologique de la France on en ajoutait un 30e, puis un 31e, un 32e, etc., ce qui arrivera probablement plus ou moins prochainement, le nombre des intersections augmenterait, en thèse générale, et il arriverait le plus souvent que certaines intersections simples deviendraient des points de croisement triples, quadruples, quintuples, etc.

On comprend qu'en parlant d'un 30e, d'un 31e, d'un 32e cercle, je fais allusion à la découverte possible et même probable, dans la

France elle-même, de nouveaux cercles réalisés par la nature et jalonnés par les phénomènes naturels comme les vingt-neuf cercles qui ont été étudiés précédemment; car il ne suffit pas de tracer une ligne droite sur la carte du pentagone européen pour ajouter un nouveau terme à la série des phénomènes géologiques. On proposera infailliblement l'adoption de nouveaux cercles, et l'auteur même de ce Rapport n'a aucune raison pour dissimuler qu'il en a quelques-uns en vue dont il a le projet de faire l'essai. Ceux qui proposeront ces nouveaux cercles auront à les légitimer en montrant que la nature les avait jalonnés à l'avance, et pour cela il n'y aura pas de moyen plus simple à employer que celui que nous avons suivi : tracer le cercle rigoureusement sur les meilleures cartes possible.

Ce que je vais dire se rapporte donc uniquement au réseau pentagonal dans sa composition actuelle et aussi dans son *installation provisoire actuelle* sur la surface du globe (voir ci-dessus, pages 59 et 60). Il s'agit d'examiner, dans ce cas particulier, d'une part les positions occupées dans le réseau pentagonal par les points de croisement des vingt-neuf cercles étudiés, qui sont, ainsi qu'on vient de le rappeler, vingt-neuf lignes naturelles jalonnées par les accidents orographiques, hydrographiques et géologiques, et d'autre part les situations dans lesquelles se trouvent ces points de croisement par rapport à l'ensemble du relief et de la structure géologique du sol. Il s'agit ici, comme on va le voir, de connexions très-étendues et très-intimes qui contribuent à dévoiler une connivence secrète entre les causes qui ont produit le réseau pentagonal et celles qui ont façonné le sol.

Je n'ajouterai cependant rien, en ce moment, à ce qui a été dit dans le cours de ce Rapport, au fur et à mesure de l'étude des cercles qui s'y rencontrent, relativement aux 113 points d'intersection simples, mais les points de croisements multiples, au nombre de 15, méritent de devenir l'objet de quelques observations.

Les 15 points de croisement multiples actuels concentrent en tout 58 croisements simples ($3.12 + 2.6 + 10 = 58$), et il s'agit de voir premièrement où tombent ces concentrations.

Sur ces 15 points de croisement multiples, 7, réunissant 31 intersections simples, plus de la moitié du total, tombent sur les quatre *grands cercles principaux* du réseau qui traversent le cadre de la carte géologique de la France; 3, renfermant 9 intersections simples, tombent sur des *bissecteurs* DH, qui sont encore des cercles d'un rang élevé dans la hiérarchie pentagonale; 6 seulement, contenant 18 intersections simples, sont uniquement produits par des cercles d'un ordre inférieur. L'un des points de croisement placés sur des *bissecteurs* se trouve en même temps sur un *cercle principal*, et est compté deux fois, ce qui fait que l'énumération que je viens de faire contient 61 intersections simples ($31 + 9 + 21 = 61$), tandis que les 15 points multiples n'en renferment réellement que 58.

Deux des 15 points multiples contenus dans le cadre de la carte géologique de la France se trouvent sur le *primitif* de la Nouvelle-Zemble, représentant du système du Rhin : l'un près de Cagnes, non loin de l'embouchure du Var; l'autre au pied septentrional du col de Tende, au S.-S.-O. de Coni. Ils ont été signalés précédemment, le premier aux pages 272, 320, 384, et le second aux pages 253, 280, 320 : on a pu y voir avec quel bonheur les rayons de ces deux étoiles stratigraphiques s'adaptent aux accidents orographiques et géologiques de la contrée environnante. Le *primitif* de la Nouvelle-Zemble surtout, qui est un rayon commun aux deux étoiles, coupe les Alpes maritimes suivant une ligne remarquable par les différences que présentent les deux segments qu'elle sépare. Les deux points de croisement situés à Cagnes et au pied du col de Tende participent à ce que présente de spécial la position du grand cercle *primitif* qui les contient, tandis que la situation du premier au fond du petit golfe qui reçoit les eaux du Var, et celle du second au fond de l'amphithéâtre montagneux dans lequel s'a-

vancent au S.-S.-O. de Coni les terrains modernes du Piémont, sont en rapport avec deux des traits les plus remarquables de ce pays profondément accidenté.

Ces deux points, situés à 70 kilomètres l'un de l'autre, enserrent dans sa partie la plus étroite le massif compliqué des Alpes maritimes, où se pénètrent les directions de plusieurs systèmes de montagnes. Si les cercles qui s'y croisent s'écartaient légèrement de leur position normale, les neuf intersections simples qui s'y trouvent réunies se sépareraient, et une région peu étendue s'en trouverait constellée avec profusion. La concentration des neuf intersections simples en deux points de croisement multiples établit un rapport de plus avec la structure de la contrée; car, lorsque six intersections simples se réunissent, comme à Cagnes, en un seul et même point, ce point de croisement a une valeur supérieure à six fois celle d'une intersection simple.

Le point de croisement de Cagnes a, en outre, l'heureuse chance de coïncider sensiblement avec celui que M. le comte de Villeneuve a choisi, dans sa belle carte géologique du département du Var, pour y placer la rose des orientations stratigraphiques qu'il a signalées en Provence, et dont plusieurs coïncident sensiblement avec celles des cercles du réseau pentagonal qui se croisent à Cagnes[1].

Trois des quinze points de croisement multiples renfermés dans le cadre de la carte géologique de la France se trouvent sur le *primitif* de Lisbonne, savoir : le point T à l'O.-N.-O. de Burgos, le point de croisement triple situé à Beaumont-la-Ferrière (p. 251, 292 et 366) et le point de croisement triple situé près de l'Isle (p. 268, 339 et 365). Ces trois points réunissent en tout seize in-

[1] Voir l'ouvrage de M. le comte H. de Villeneuve-Flayosc, ingénieur en chef des mines, intitulé *Description minéralogique et géologique du Var*. Cet important ouvrage, déjà cité au commencement de ce Rapport, p. 4, renferme une foule de données précieuses sur l'orographie et la stratigraphie de la Provence, sur les belles sources de cette contrée, etc.

tersections simples. Je ne puis donner ici de détails précis au sujet du point T de l'Espagne qui tombe dans la partie de la carte géologique de la France qu'on a dû sacrifier pour y placer les légendes, et, quant aux deux croisements triples qui sont voisins du Morvan, j'aurai à y revenir plus tard.

Un seul des points de croisement multiples renfermés dans le cadre de la carte géologique de la France tombe sur le grand cercle *primitif* du Land's-End. C'est le point *a* voisin du Cornouailles. Ce point, où le *primitif* et l'*octaédrique* du Mulehacen se coupent à angle droit, tombe dans la mer en dehors de la côte N.-O. du Cornouailles, mais les trois rayons qui en partent s'adaptent à cette presqu'île avec une remarquable précision. Le *primitif* du Land's-End, ainsi qu'on l'a vu ci-dessus, pages 144 et 458, en forme l'axe principal. L'*octaédrique* du Mulehacen rase presque exactement les rochers qui supportent le phare des Longships[1] et qui sont l'extrémité occidentale du massif granitique du Land's-End (p. 118). Enfin l'*hexatétraédrique* H*baab* de Nontron coupe la pointe du Cornouailles, ainsi qu'on l'a vu plus haut, page 263, de manière à en sortir, à un kilomètre près, par le cap Lizard. Il est fort probable que, pour représenter quelques-uns des systèmes de montagnes ou des lignes de points remarquables qu'une étude attentive fera découvrir dans les Îles Britanniques, on sera conduit à employer des cercles passant au point *a*, qui deviendra alors tout au moins un point de croisement quadruple ou quintuple. En tout état de cause, la position de ce point près de l'extrémité S.-O. de la Grande-Bretagne est des plus remarquables.

Trois de nos quinze points de croisement multiples tombent sur l'*octaédrique* du Mulehacen, qui suit le côté occidental du cadre de la carte géologique de la France : ce sont le point T de l'Espagne et le point *a* du Cornouailles, auxquels se joint le point où le *bissecteur* DH de Belle-Île et le *diagonal* I*b* du système du mont Serrat

[1] *Notice*, p. 1177.

se coupent mutuellement sur l'*octaédrique*. Je n'ai rien à ajouter à ce qui a été dit dans les pages précédentes au sujet des deux premiers points, et quant au troisième, qui tombe dans le golfe de Gascogne à plus de 100 kilomètres au large des côtes de Bretagne, je ne vois pas qu'il puisse donner lieu, pour le moment, à aucune remarque particulière.

Ces trois points de croisement réunissent seize intersections simples. Je passe aux points de croisement multiples qui tombent sur les *bissecteurs* DH.

Deux de ces quinze points tombent sur le *bissecteur* DH de Belle-Île : ce sont le point de croisement triple qui vient d'être signalé au large des côtes de Bretagne et le point de croisement triple mentionné aux pages 300, 337 et 389, comme placé sur la crête schisteuse qui sépare la vallée de la Sure de celle de l'Attert et qui est la plus méridionale des crêtes de l'Ardenne.

L'Ardenne est presque séparée de l'Eifel par une série de lambeaux de grès bigarré qui s'étendent de Trèves à Gemund, et, considérée isolément, cette région montagneuse présente grossièrement la forme d'un croissant qui embrasse le Condros et qui tourne sa convexité vers le S.-E. C'est sur cette convexité, et presque à égale distance des deux pointes du croissant, que tombe le point de croisement triple qui nous occupe.

Ce point et le croisement triple du golfe de Gascogne réunissent six intersections simples.

Le *bissecteur* DH du système du mont Seny ne rencontre, dans l'étendue du cadre de la carte géologique de la France, qu'un seul point de croisement multiple : c'est le croisement triple mentionné aux pages 266, 351 et 447, comme placé sur la montagne schisteuse située au N.-N.-O. de Saint-Chinian (Hérault). La crête de terrain schisteux qui domine cette ville vers le nord est la plus avancée au midi des masses de roches anciennes du département de l'Hérault et même de tout le centre de la France. Le point de croisement triple que nous considérons tombe donc dans une po-

sition remarquable et assez analogue à celle du point précédent, sur la crête la plus méridionale de l'Ardenne.

Sur les quinze points de croisement multiples que renferme le cadre de la carte géologique de la France, six nous restent encore à considérer : ce sont ceux qui sont situés dans le voisinage de Barfleur, de Saint-Marcel près Noroy, du mont Poupet, des Échelles, de Saint-Cels près de Cajarc, et des Bruyères près de Saint-Parise-en-Viry. Aucun d'eux ne se trouve sur un *grand cercle principal* ni sur un *bissecteur*.

Un croisement triple formé par les cercles T*la* (Morbihan), T*b* (Vendée), D*ac* (Pays-Bas), tombe dans la Manche, ainsi qu'on l'a vu aux pages 250, 284 et 436, à 15 kilomètres au N.-N.-O. de Barfleur. Le *trapézoédrique* T*la* reste éloigné de la masse granitique de Barfleur dont on pourrait seulement le soupçonner de raser extérieurement l'extension sous-marine; mais les deux autres cercles s'adaptent avec une remarquable précision à la structure du Cotentin. Le *trapézoédrique* T*b* (système de la Vendée) rase, à 3 kilomètres de distance (p. 284), la côte granitique de Barfleur et les îles Saint-Marcouf; le *diamétral* D*ac* (système des Pays-Bas) rase, à 2 kilomètres de distance (p. 437), les falaises syénitiques du cap de la Hague, et il effleure ensuite les rochers granitiques de l'île d'Aurigny, par la pointe S.-O. de laquelle il sort des terres européennes. Si on pouvait restaurer ces différentes falaises, en leur restituant ce que la fureur des vagues leur a enlevé, et les rétablir dans l'état où elles se trouvaient lorsque la surface du globe a pris son assiette actuelle, elles seraient bien près de se trouver en contact avec les deux côtés de l'angle dans lequel elles semblent avoir été destinées à se trouver inscrites.

Un des cinq derniers points de croisement multiples tombe (p. 301, 354 et 373) à Saint-Marcel, sur les coteaux jurassiques de Noroy-lez-Jussey (Haute-Saône), où il est produit par la rencontre simultanée de l'*hexatétraédrique* H*aa*, du *diamétral* D*ac* (système de la Côte-d'Or) et du *trapézoédrique* T*c* (système du Hundsrück). Ce

point est remarquable par la position en quelque sorte stratégique qu'il occupe relativement aux Vosges, dont l'*hexatétraédrique* H*aa* limite à peu près la zone d'influence, tandis que le *diamétral* D*ac* s'applique à leur contour extérieur, et le *trapézoédrique* T*c* à plusieurs des accidents les plus fortement accentués de leur structure intérieure.

Un autre point de croisement multiple tombe (p. 278, 301 et 421) à Aiglepierre, au pied occidental du mont Poupet, en un point doublement caractérisé comme étant le sommet de l'angle obtus que présente, vers le N.-O., le contour extérieur du Jura et en même temps l'extrémité d'un petit golfe que forme, dans le massif jurassique, le bassin de la Bresse. Ce croisement résulte de la rencontre simultanée de l'*hexatétraédrique* H*aa*, du *trapézoédrique* T*l* (système du mont Viso) et du *trapézoédrique* T*b* (système du Tatra). Les rôles remarquables que jouent ces trois cercles dans l'intérieur du Jura ont été suffisamment expliqués aux articles qui les concernent; mais c'est ici le lieu de faire remarquer que le massif si complexe du Jura, considéré dans son ensemble, présente grossièrement, de même que l'Ardenne, la forme d'un croissant, et que le point de croisement triple d'Aiglepierre s'est placé sur la convexité de ce croissant et presque à égale distance de ses deux pointes.

Un nouveau point de croisement triple tombe (p. 252, 270 et 302), au N.-E. des Échelles (Savoie), sur une crête calcaire dépendante des Alpes, en un lieu où s'opère une diramation dans la direction des couches, dont les unes continuent leur cours vers le N. 26° E. à peu près, pour former le bord du massif alpin, tandis que les autres s'infléchissent au N. pour se diriger vers le Jura. C'est comme le point de suture du Jura et des Alpes et le nœud de la structure stratigraphique de la contrée. Le croisement qui a élu domicile en ce point, si fortement caractérisé, résulte de la rencontre simultanée du *trapézoédrique* T*la* (système du Morbihan), du *trapézoédrique* TT*bbc* (Hécla) et de l'*hexatétraédrique* H*aa*. Les rôles que jouent ces trois cercles dans les contrées circonvoisines ont été

expliqués en détail aux articles qui les concernent. Je ferai remarquer seulement que l'*hexatétraédrique* H*aa* concourt, dans la partie orientale de la France, à quatre croisements triples situés dans la partie méridionale de l'Ardenne, à Saint-Marcel près Noroy, à Aiglepierre près du mont Poupet, et à la bifurcation du Jura et des Alpes près des Échelles. Cette circonstance contribue à produire l'harmonie qui existe entre la position de l'*hexatétraédrique* H*aa* et la structure orographique et géologique de nos départements de l'Est.

Je dois aussi mentionner un point de croisement multiple qui tombe (p. 265, 286 et 341), dans le département du Lot, à Saint-Cels, au N.-N.-O. de Cajarc. Il est produit par la rencontre simultanée de l'*hexatétraédrique* H*baab* de Nontron, du *trapézoédrique* T*b* (système de la Vendée) et du *trapézoédrique* T*abc* (système du Longmynd). La localité de Saint-Cels, où est situé ce croisement, se trouve sur un plateau de l'étage jurassique moyen, où rien n'attire l'attention; mais elle est placée à peu près au centre de la courbure que subit la ceinture jurassique incomplète du bassin de la Gascogne, pour se replier dans la direction S.-S.-O. et aller expirer aux environs de Bruniquel, non loin des bords de l'Aveyron. Sous ce rapport, la localité de Saint-Cels occupe une des positions les plus remarquables de tout le bassin du S.-O. de la France, et le *hasard*, s'il était pour quelque chose dans les faits de ce genre, n'aurait pu mieux partager le point de croisement qui nous occupe; mais, dans ce cas, le hasard aurait fait, comme on va le voir, quelque chose de beaucoup plus étonnant encore.

Il me reste encore à parler d'un point de croisement important, l'intersection quadruple qui tombe (p. 293, 339, 375 et 424), dans le département de l'Allier, aux Bruyères, près de Saint-Parise-en-Viry. Mais celui-ci fait partie d'une sorte de pléiade qui réclame une attention particulière.

J'ai renvoyé au paragraphe actuel les deux croisements triples qui existent sur le *primitif* de Lisbonne, l'un près de l'Isle (Yonne), l'autre près de Beaumont-la-Ferrière (Nièvre). Ces deux croisements

triples, de même que le croisement quadruple des Bruyères, sont en rapport direct avec le Morvan, ce qui établit un lien commun entre les trois croisements et devait conduire à en parler simultanément.

Le premier, celui de l'Isle, résulte, comme on l'a déjà vu (p. 268, 339 et 365), de la rencontre simultanée du *primitif* de Lisbonne, du *trapézoédrique* TT*bbc* de l'Hécla et du *trapézoédrique* T*abc* du système du Longmynd. Le *primitif* de Lisbonne est tangent à l'extrémité N.-O. des granites du Morvan et représente le front N.-O. de ce massif montagneux; les deux autres grands cercles s'adaptent aux formes de son contour et de son intérieur.

Le second croisement triple, celui de Beaumont-la-Ferrière, résulte, comme on l'a déjà vu (p. 251, 292 et 366), de la rencontre simultanée du *primitif* de Lisbonne, du *diamétral* D*ac* du système du Forez et du *trapézoédrique* TI*a* du système du Morbihan. Le premier de ces grands cercles représente, comme on vient de le rappeler, le front N.-O. du Morvan; le second est très-sensiblement parallèle à la face O.-S.-O. de ce groupe montagneux, et le troisième s'adapte à la terminaison S.-O. des porphyres, qui jouent un rôle considérable dans la partie méridionale du Morvan.

Enfin le croisement quadruple des Bruyères, résultant de la rencontre simultanée du *diamétral* D*ac* du système du Forez, du *trapézoédrique* T*abc* du système du Longmynd, du *trapézoédrique* T*c* du système du Hundsrück et du *trapézoédrique* T*b* du système du Tatra, complète l'investissement du Morvan. Parmi ces quatre grands cercles, le premier, comme on vient de le dire, est très-sensiblement parallèle à sa face O.-S.-O.; le second s'adapte, comme on vient également de le rappeler, à des traits importants de son intérieur et de son contour; le troisième T*c* passe, comme on l'a vu page 374, tout près de la montagne porphyrique du Toureau-des-Grands-Bois, la plus haute de tout le groupe montagneux, et le quatrième T*b* effleure, du côté méridional, comme on l'a dit page 423, le massif des porphyres et des granites porphyroïdes du Morvan.

Les sept grands cercles qui se rencontrent aux trois points de croisement multiples qui nous occupent s'adaptent tous à quelque trait plus ou moins remarquable du Morvan, et ils l'encadrent avec une étonnante précision. Le petit massif isolé du Morvan, détaché entre le grand massif de la France centrale et le grand bassin parisien, semble ne tenir à rien, tandis que les cercles du réseau pentagonal nous avertissent qu'il tient à peu près à tout ce que les contrées environnantes présentent de caractéristique, et qu'il est comme le nœud gordien de la structure de la France. Des influences différentes s'y croisent et s'y contrarient, ce qui explique comment il ne présente aucun trait fortement prononcé : le sol y est accidenté en petit et est découpé quelquefois sur ses bords en fort petites parties; mais ces petits accidents se prolongent, et, dans les contrées où dominent les causes qui les ont fait naître, ils deviennent beaucoup plus apparents.

Ces trois points de croisement multiples qui avoisinent le Morvan, et dont les rayons s'adaptent à son contour ou aux points remarquables de son intérieur, jouent un rôle fort analogue à celui que nous avons vu jouer à d'autres points de croisement multiples, par rapport à d'autres groupes montagneux, notamment au point *a* de la côte N.-O. du Cornouailles, par rapport au Cornouailles; au croisement situé à 15 kilomètres au N.-N.-O. de Barfleur, par rapport au Cotentin; au croisement du midi de l'Ardenne, par rapport à l'Ardenne; au croisement de Saint-Marcel près Noroy, par rapport aux Vosges. Ce qui distingue le Morvan, c'est qu'il est accompagné et comme escorté de trois croisements de ce genre, tandis que, dans les autres exemples, il n'y en a qu'un seul.

Les sept grands cercles qui entrent dans cette combinaison mettent tout naturellement en évidence, comme on vient déjà de l'indiquer, la liaison du Morvan avec les autres traits orographiques de la France, et plusieurs de ces cercles se font remarquer par le nombre des points de croisement multiples auxquels ils passent.

Le *primitif* de Lisbonne, qui passe à trois points de croisement multiples, celui de l'Isle, celui de Beaumont-la-Ferrière et le point T de l'Espagne, est tangent à l'extrémité N.-O. des granites du Morvan, et l'incorpore par ce seul fait dans la longue série d'accidents orographiques et géologiques qui jalonnent son cours depuis l'Odenwald jusqu'au bassin d'Arcachon.

Le *trapézoédrique* T*abc* du système du Longmynd passe à quatre points de croisement multiples : celui du midi de l'Ardenne, celui de l'Isle, celui des Bruyères près de Saint-Parise-en-Viry, et celui de Saint-Cels au N.-N.-O. de Cajarc. Il lie directement la saillie la plus méridionale de l'Ardenne à la saillie que forme vers le nord le Morvan, considéré comme la sentinelle avancée des montagnes de l'intérieur de la France, et il marque l'étranglement que déterminent ces deux saillies en regard l'une de l'autre dans le grand bassin de dépôts secondaires dont Paris occupe le centre. De plus, le *trapézoédrique* T*abc*, en liant le croisement triple voisin de l'Isle à celui de Saint-Cels près de Cajarc, rattache la saillie du Morvan, dirigée vers le nord, au golfe jurassique qui entame vers le S.-S.-O. le massif central de la France, deux points opposés de ce massif et de caractères contraires. Il forme par cela même une des lignes les plus importantes de ce même massif, ligne d'autant plus remarquable qu'elle rase, à la suite du Morvan, les groupes volcaniques du mont Dore et du Cantal, et qu'elle suit, de la Machine (Nièvre) à la Capelle-Marival (Lot), une série de dépôts houillers singulièrement enchevêtrés dans les roches cristallines.

Le point de croisement des Bruyères s'est trouvé, pendant les temps géologiques, dans l'intérieur et presque à la clôture d'un grand lac miocène qui, baignant le pied du Morvan et se ramifiant vers le midi, s'étendait jusqu'au pied des montagnes du Charollais et même jusqu'au site futur du Cantal; sa longueur, de 180 kilomètres, était triple de celle du lac de Genève et moitié de celle de l'un des grands lacs de l'Amérique septentrionale. D'après les recherches de M. Pomel et de M. Alphonse Milne Edwards, ce beau

lac devait être particulièrement remarquable par le nombre et la grandeur des oiseaux qui fréquentaient ses bords. La saillie granitique des Bruyères faisait partie d'une chaîne d'îlots qui le divisait en deux parties très-inégales, comme le fait, pour le lac Huron, la ligne des îles Manitoulines.

Le *trapézoédrique* Tl*a* du système du Morbihan passe aussi, en France, à quatre points de croisement multiples : le croisement au N.-N.-O. de Barfleur, celui de Beaumont-la-Ferrière, celui des Échelles, et celui des Alpes maritimes, au pied septentrional du col de Tende. Il est tangent à la terminaison S.-O. des porphyres quartzifères du Morvan, et il la fait rentrer dans la file des points du même genre auxquels il s'adapte plus ou moins rigoureusement : le massif granitique de Barfleur; ceux des Grandes-Rousses et du cirque de la Bérarde en Dauphiné, et le massif de roches cristallines et granitiques des Alpes maritimes. Passant au point T de l'Etna, il montre que le Morvan est en rapport d'alignement avec ce volcan classique.

Le *diamétral* D*ac* du système du Forez, qui passe au point de croisement triple de Beaumont-la-Ferrière et au point de croisement quadruple des Bruyères, en côtoyant parallèlement la face O.-S.-O. du Morvan, le rattache à d'autres masses de roches granitiques, porphyriques ou volcaniques, qu'il côtoie de même dans le grand massif intérieur de la France, notamment à certaines crêtes des montagnes du Forez et à la chaîne volcanique du Mezenc.

Le *trapézoédrique* T*c* du système du Hundsrück rencontre trois points de croisement multiples : le point T de l'Espagne, le croisement quadruple des Bruyères et le croisement triple de Saint-Marcel près de Noroy-lez-Jussey. Passant très-approximativement au Toureau-des-Grands-Bois, montagne porphyrique la plus élevée du Morvan, il la lie au massif granitique du Champ-du-Feu, dans les Vosges; au massif porphyrique de Baden, extrémité septentrionale de la Forêt-Noire; au massif granitique du Fichtel-Gebirge; à la cime quartzeuse de l'Iremel, dans l'Ural, et à la nombreuse

série de points diversement caractérisés qui jalonnent tout son cours.

Le *trapézoédrique* T*b* du système du Tatra, en rasant le pied méridional du massif de porphyres et de granites porphyroïdes du Morvan, le rattache de même à la nombreuse série de points remarquables à différents titres qui lui servent de repères, et parmi lesquels figurent les tertres basaltiques de Drevin et le pic des Açores.

Enfin le *trapézoédrique* TT*bbc* de l'Hécla, qui passe aux croisements triples de l'Isle et des Échelles et au croisement quadruple de Cagnes, montre que le côté E.-N.-E. du Morvan, auquel il est tangent près de Pierre-Écrite et de Saulieu, s'aligne en France avec un grand nombre de points remarquables, au nombre desquels je citerai le roc de Belledonne et le cirque de la Bérarde en Dauphiné, et puis, à l'extrémité orientale des montagnes de l'Esterel, la masse de mélaphyre de Biot. Il montre en même temps que le Morvan est en rapport d'alignement avec l'Hécla.

Le Morvan fait donc partie intégrante de sept des *grandes lignes naturelles* que les révolutions du globe ont tracées sur la surface de la France et du globe, et on peut remarquer que, parmi les sept grands cercles qui les représentent, se trouvent ceux qui, en France, contiennent le plus grand nombre de points de croisement multiples, ce qui fait voir qu'ils sont profondément liés à toute la charpente stratigraphique de la France. Le *primitif* de Lisbonne comprend, sur la carte géologique de la France, trois points de croisement multiples; le *trapézoédrique* T*abc* du Longmynd en comprend quatre; le *trapézoédrique* TI*a* du Morbihan, quatre; le *trapézoédrique* T*c* du Hundsrück, trois; le *trapézoédrique* TT*bbc* de l'Hécla, trois; les deux autres, chacun deux seulement. Or, parmi les vingt-neuf cercles qui ont été tracés sur la surface de la France et des contrées limitrophes, on peut citer l'*hexatétraédrique* H*aa*, qui, comme on l'a remarqué plus haut, passe à quatre points de croisement multiples, l'*hexatétraédrique* H*baab* de Nontron et l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a*, qui

passent chacun à trois; mais la plupart des autres cercles ne contiennent que deux points de croisement multiples, ou même un seul, et plusieurs, comme le *diamétral* D*c* des Alpes occidentales, le *trapézoédrique* T*a* du Vercors, le *trapézoédrique* TD*b* du Finistère, qui sont cependant des cercles très-fortement et très-nettement jalonnés, n'en renferment aucun. Toutefois il ne faut pas oublier que ces comparaisons ont quelque chose d'accidentel et de précaire, en raison de ce que la partie de chaque cercle qui est tracée sur la carte géologique de la France n'est qu'une petite fraction de sa circonférence.

Quoi qu'il en soit, le Morvan lui-même jouit, du côté des points de croisement des cercles du réseau pentagonal, d'une sorte de privilége dérivant de celui qu'il a d'être accompagné de trois points de croisement multiples.

Ce privilége peut être mis en lumière par une considération des plus simples. Chacun des deux points de croisement triples dont nous nous occupons représente trois intersections simples. Le croisement quadruple représente à lui seul six autres intersections. Si les cercles du réseau s'écartaient de leurs positions normales, ces douze intersections s'éparpilleraient et deviendraient douze intersections complétement distinctes. On peut voir sur la carte géologique que le Morvan et la contrée qui le touche, sans aller plus loin qu'Issy-l'Évêque et Saint-Léger-sur-Dheune, renferment en outre huit intersections simples indépendantes des précédentes. Voilà donc vingt intersections simples dans une contrée qui est moins grande qu'un département moyen, et qui, par conséquent, est loin d'occuper un centième du cadre de la carte géologique de la France. Or ce cadre ne renferme que 171 intersections simples, d'où il résulte que plus d'un dixième des intersections est concentré dans un espace inférieur à un centième de l'espace total, et qu'elles y sont plus de dix fois, peut-être vingt fois, aussi rapprochées que sur la surface de la France et des contrées limitrophes, prise dans sa généralité.

Mais l'exemple que je viens de faire connaître n'est pas le seul que je pusse citer de la répartition inégale des intersections des cercles du réseau sur la surface de la France. On peut s'en convaincre par un examen attentif du plexus que forment les cercles du réseau pentagonal tracés sur le tableau d'assemblage de la carte géologique de la France.

On faciliterait cet examen en faisant ressortir les croisements des cercles par des points d'une couleur éclatante, mais il faudrait que les croisements triples fussent trois fois plus apparents et les croisements quadruples six fois plus apparents que les croisements simples, ce qu'on pourrait obtenir en les remplaçant par de petites pléiades de trois ou de six points. On verrait alors que la surface terrestre est constellée par les intersections des cercles du réseau d'une manière beaucoup plus inégale que la voûte du ciel par les étoiles. La répartition de ces espèces de constellations terrestres, comparée à celle des accidents orographiques et géologiques, est susceptible de conduire à une foule de rapprochements que je ne puis que signaler, et qui sont probablement destinés à devenir avant peu l'objet de travaux spéciaux.

Un autre procédé d'enluminage pourrait servir à mettre en évidence l'inégale densité du plexus que forment sur la surface de la France les cercles du réseau pentagonal. Ces cercles pris trois à trois constituent nécessairement un triangle, et ces triangles sont d'une extrême inégalité. J'ai cité le petit triangle qui frappe les yeux, au midi de l'embouchure du Rhône, dans le golfe du Lion. Les alentours du Morvan, les Alpes de la Savoie, etc., en présentent de très-petits aussi. D'autres triangles analogues sont très-grands. On pourrait, dans chacun de ces triangles, étendre au pinceau une teinte d'une force inverse de la grandeur du triangle, de manière à mettre dans chaque triangle, grand ou petit, la même somme de couleur. La teinte serait très-foncée dans les parties de la carte où les cercles se rapprochent beaucoup, et très-claire dans les parties où ils sont très-écartés. La carte ainsi teintée ressemblerait à celles

sur lesquelles M. le baron Charles Dupin a depuis longtemps exprimé, par des teintes plus ou moins noires, la proportion relative des écoliers dans les différents départements, méthode précieuse par l'avantage qu'elle a de parler aux yeux et qui a servi à faire ressortir beaucoup d'autres résultats statistiques.

Le Morvan, et surtout sa partie méridionale, serait la région la plus foncée de la carte. Le Jura, les Alpes de la Savoie, la Provence avec les Alpes maritimes, les Ardennes, etc., et même la Picardie, présenteraient aussi des parties très-foncées. Les teintes les plus claires se trouveraient dans les grands bassins du N. et du S.-O. de la France. Il est facile de se convaincre d'avance de ce dernier résultat, en remarquant sur la carte la grandeur de certains compartiments en forme de triangles, de trapèzes ou d'autres polygones, dans lesquels aucun cercle ne pénètre et qui ne recevraient que des teintes très-légères, tels que celui où se trouvent Blois et Tours, ceux où se trouvent respectivement Angers, Chartres, Troyes, la Réole, Agen, Valence et Avignon, etc.

Cela fait voir, en premier lieu, que les cercles réalisés du réseau pentagonal, admis, étudiés et figurés sur la carte, traversent les pays de montagnes de préférence aux pays de plaines, résultat d'autant plus important à constater qu'il est extrêmement naturel et qu'il témoigne à lui seul d'une profonde harmonie entre le réseau pentagonal et l'ensemble de la structure de l'écorce terrestre.

Mais le genre d'étude que je viens d'indiquer, de même que celui des groupes ou *constellations* formées par les points de croisement des cercles, conduira beaucoup plus loin et fournira une foule de rapprochements curieux et peut-être inattendus. J'ai signalé, par exemple, dans le cours de ce travail, les grands cercles du réseau comme les lignes de plus facile propagation des tremblements de terre. Ces grands cercles traversant les contrées montagneuses de préférence aux pays de plaines, on conçoit que, par cette seule cause, qui du reste n'est peut-être pas isolée, les trem-

blements de terre doivent être plus fréquents, comme ils le sont en effet, dans les montagnes que dans les plaines. Je regrette de ne pouvoir suivre ce sujet à la fin d'un Rapport déjà beaucoup trop étendu. Je dois d'ailleurs rappeler que les résultats auxquels on parviendra ne seront pendant longtemps que provisoires, attendu que la découverte d'un seul cercle nouveau réalisé en modifiera un grand nombre.

Il faut remarquer d'ailleurs que ce n'est pas seulement par les cercles du réseau pentagonal, mais aussi par une foule d'arcs parallèles à chacun d'eux, que le réseau se trouve en rapport avec les accidents orographiques et géologiques de l'écorce terrestre, de sorte que la considération unique des grands cercles du réseau ne peut conduire qu'à des résultats incomplets. Je reviendrai sur ce point dans la cinquième et dernière partie du présent Rapport.

Ce que je viens de dire au sujet des points de croisement multiples des cercles du réseau pentagonal qui tombent sur la surface de la France et des contrées limitrophes rappellera naturellement au lecteur ce qui a été dit pages 231 et suivantes au sujet des 362 points principaux du réseau pentagonal et de la nécessité de leur consacrer des cartes spéciales, qui ne pourront faire partie que d'une publication ultérieure. La carte géologique de la France avec les cercles du réseau remplit à peu près, par rapport aux points de croisement qui tombent dans l'étendue de pays qu'elle représente, l'objet des cartes dont il s'agit; mais les aperçus présentés ci-dessus me font regretter de ne pouvoir joindre en outre à ce Rapport une carte de France *constellée* par l'application de couleurs éclatantes sur les points de croisement de différents ordres.

Les remarques précédentes sur l'adaptation des cercles du réseau au Morvan et à d'autres parties de la France peut rappeler également ce qui a été dit pages 152 et ailleurs sur les relations existantes entre certains cercles du réseau, ou entre l'ensemble même du réseau et les formes générales des continents et des mers. Dans ce dernier cas, j'ai exprimé le regret de ne pouvoir joindre au Rapport

actuel les cartes nécessaires pour élucider complétement cet ordre de considérations, et j'en éprouve un véritable de ne pouvoir placer ici une carte où les triangles grands et petits que forment les cercles du réseau sur la surface de la France seraient tous teintés en raison inverse de leur étendue. J'aurais même désiré présenter encore d'autres cartes relatives au même ordre d'idées, afin de mettre complétement en évidence la grande inégalité relative avec laquelle le sol de la France est sillonné par les cercles *réalisés* du réseau pentagonal et les rapports de cette inégalité avec l'orographie.

L'espèce de prédilection avec laquelle sept grands cercles du réseau pentagonal s'approchent du Morvan pour le traverser ou le circonscrire n'est qu'un cas particulier de cette inégalité, dont je citerai encore ici un autre exemple déjà mentionné, mais moins explicitement, dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*[1], et que les considérations précédentes me remettent en mémoire.

Neuf grands cercles du réseau, savoir, T*b* (Tatra), D*c* (Alpes occidentales), T*a* (Vercors), H*aa* (Minorque-Norvége), TI (mont Viso), TT*bbc* (Hécla), TI*a* (Morbihan), H*a*TT*a* et TT*bbc* (Sancerrois), s'approchent du massif alpin avec des orientations graduellement tournantes, correspondantes à celles d'autant de tengentes successives de l'enceinte grossièrement parabolique que forme autour du Piémont le bourrelet continu et recourbé des Alpes occidentales. Un dixième grand cercle, le *primitif* de la Nouvelle-Zemble (système du Rhin), forme une corde de cette courbe, qu'il coupe en deux points, comme on l'a vu précédemment (p. 318 et suivantes), avec des circonstances toutes particulières, corde à laquelle se rattachent les collines du Supergue et du Montferrat. Mais aucun autre des cercles que nous avons étudiés ne franchit cette enceinte, et, depuis le mont Viso et le mont Cenis jusqu'aux approches du Mincio, les plaines du Pô sont ménagées avec une réserve aussi remarquable que celles de la Loire et de la Garonne.

[1] *Notice*, p. 1257.

Les neuf cercles qui s'approchent des contours du *Pays-Cratère* de la haute Italie (*locution sélénographique*, Humboldt), et auxquels plusieurs autres s'associent encore de loin, ne manifestent aucune tendance à se réunir en un même point, tandis que les sept grands cercles qui percent ou étreignent le Morvan se croisent, sinon en un seul point, du moins en trois points assez voisins pour qu'un petit massif montagneux s'harmonise avec ce qui manque à la précision de leur convergence.

Mais les deux principaux massifs granitiques des Alpes occidentales, moins étendus l'un et l'autre que le Morvan, ne sont pas complétement délaissés pour les neuf cercles qui encadrent les plaines subalpines; car la protubérance presque isolée qui renferme le cratère de soulèvement de la Bérarde est coupée ou effleurée par les quatre cercles D*c* (Alpes occidentales), TT*bbc* (Hécla), T*a* (Vercors) et TI*a* (Morbihan), tandis que la saillie abrupte du mont Blanc, plus circonscrite et moins circulaire que la précédente, est serrée de près par les trois cercles D*c* (Alpes occidentales), T*a* (Vercors) et TI (mont Viso).

Ces exemples pourraient être multipliés, et un coup d'œil sur le tableau d'assemblage de la carte géologique de la France, avec les cercles du réseau pentagonal, en fera apercevoir plusieurs autres, car la nature a été féconde et variée sous ce rapport.

La Bohême, les grandes plaines de l'Orénoque, de l'Amazone et de la Plata, sont aussi des *pays-cratères* qui mériteraient d'être étudiés sous le point de vue qui vient de nous occuper. La manière dont on a vu, pages 103, 427, 437, 451 et suivantes, que l'*octaédrique* du cap Walsh et des îles Sous-le-Vent, le *trapézoédrique* T*b* (système du Tatra), le *diamétral* D*ac* (système des Pays-Bas) et l'*hexatétraédrique* H*a*TT*a* s'adaptent aux Cordillères de Vénézuela, de la Nouvelle-Grenade et du Pérou, peut faire présumer que, pour l'Amérique méridionale et pour le bourrelet sinueux des Andes, si pittoresquement figuré sur la carte déjà citée de M. de Humboldt, cette étude ne serait pas sans intérêt; mais, je dois le

rappeler encore, une étude de ce genre, pour être complète et définitive, doit comprendre tous les cercles *réalisés* qui traversent la contrée et tous les arcs parallèles à ces cercles qui y représentent des traits orographiques.

Il est à remarquer que ce mode si spécial d'adaptation collective aux plaines et aux montagnes est une propriété des cercles du réseau choisis, ainsi qu'on l'a vu à la fin de l'article consacré à chaque cercle, en vertu de certaines combinaisons numériques qui semblaient devoir être aveugles sous ce rapport. Les grands *cercles de comparaison provisoires* que l'auteur de la *Notice* avait pris *ad libitum*, en croyant placer chacun d'eux dans les meilleures conditions possible, donnaient des résultats tout différents et passaient dans les plaines aussi bien que dans les montagnes. L'orographie de la France et même du globe entier est en quelque sorte renfermée, à l'*état latent*, dans la formule générale du réseau pentagonal.

Mais de nombreux tracés géométriques seront nécessaires pour mettre en lumière tout ce que cette formule contient. Les calculs, fort étendus cependant, dont le réseau pentagonal a été l'objet, ne suffisent pas plus pour faire ressortir les rapports extrêmement nombreux qui existent entre le réseau et les formes orographiques, que les tables de positions géographiques contenues dans la *Connaissance des temps* ne suffisent pour donner une idée des formes des continents; et, pour tirer des chiffres calculés tous les résultats dignes d'attention auxquels ils conduisent naturellement, il faudra faire suivre leur détermination d'un grand travail cartographique. C'est dans cette pensée que l'auteur de la *Notice sur les systèmes de montagnes* avait signalé la nécessité de la construction d'un atlas spécial qu'il avait désigné sous le nom d'*Atlas pentagonal*[1].

Cette nécessité devient de plus en plus évidente; plusieurs savants l'ont déjà comprise, et peut-être la publication de l'atlas

[1] *Notice*, p. 1038. 1048.

complet sera-t-elle devancée, ce à quoi je ne saurais trop applaudir, par la publication de travaux partiels concourant au même but. Ainsi que je l'ai rappelé précédemment, page 71, M. de Chancourtois a placé à l'Exposition universelle de 1867 une grande carte géologique de l'Europe où les cercles du réseau sont tracés, et dont la vue seule fait naître immédiatement une foule de remarques sur les relations de ces cercles avec la distribution des terrains et avec celle des gîtes de minerais. M. Félix Foucou a bien voulu me montrer, depuis lors, des feuilles déjà dessinées d'une grande carte du pentagone européen, dressée, comme la carte planche V de la *Notice*, en projection gnomonique sur l'horizon de son centre. La publication la plus prompte possible de ces cartes serait un bienfait pour la science, et elle permettrait d'étendre immédiatement à toute l'Europe les considérations que j'ai présentées ci-dessus relativement aux contrées renfermées dans le cadre de la carte géologique de la France.

Les remarques que j'ai énoncées, page 192, au sujet de la distribution des volcans sur la surface du globe, appellent à elles seules un grand travail cartographique, qui, infailliblement, en entraînera d'autres à la suite.

Dans les travaux futurs auxquels je fais allusion, on aura à construire, sur de nombreuses cartes, le réseau pentagonal avec une partie plus ou moins considérable de ses *cercles auxiliaires*. Pour exécuter ces constructions, on trouvera un très-utile secours dans les tableaux numériques consignés par M. Pouyanne dans son savant et ingénieux mémoire sur le réseau pentagonal [1]. Partant du principe que les 120 triangles rectangles scalènes, égaux et symétriques deux à deux, dans lesquels les 15 grands cercles *primitifs* du réseau divisent la surface du globe, contiennent tous identiquement les mêmes éléments, M. Pouyanne a calculé, pour l'un des 120 triangles, les angles que forment entre eux et les

[1] *Mémoire sur le Réseau pentagonal*, par M. Pouyanne, ingénieur des mines. (*Annales des Mines*, 1866, 6e série, t. X, p. 353.)

longueurs des segments dans lesquels se subdivisent mutuellement les *grands cercles primitifs*, les *octaédriques*, les *dodécaédriques rhomboïdaux*, les *bissecteurs* IH et les *bissecteurs* DH. Les points d'intersection étant les pôles d'une très-nombreuse série de *cercles auxiliaires*, il a obtenu les angles que tous ces cercles forment aux points D, I, H, T, *a*, *b*, soit entre eux, soit avec les *primitifs*. En combinant ces angles avec les données numériques dejà mentionnées de M. Élie de Béaumont, on calculera très-aisément, dans le plus grand nombre des cas, celles qui devront fixer la position de chacun des cercles nouveaux dont on aura à s'occuper.

RÉFLEXIONS GÉNÉRALES SUR LE CONTENU DE LA QUATRIÈME PARTIE DU RAPPORT.

Les considérations du genre de celles dont je viens de parler ont peut-être quelque chose de plus saisissant que la tâche souvent ingrate de suivre individuellement un seul et même cercle sur toute la circonférence du globe, ou au moins sur toute la surface d'un grand pays, en enregistrant les points remarquables où il passe; mais elles n'en ont pas la précision. Or c'est de la précision des bases premières que dérive essentiellement la valeur du réseau pentagonal et de ses applications à l'orographie et à la stratigraphie, et tel est le motif qui m'a conduit à donner les développements indispensables pour la rigueur et la clarté, aux monographies d'un certain nombre de grands cercles que j'ai suivis, soit dans toute leur circonférence, soit au moins dans toute l'étendue de la France et des contrées limitrophes.

J'ai considéré en tout 59 grands cercles. J'en ai étudié d'abord 39, sur la trace desquels j'ai parcouru la surface entière du globe, et je me suis occupé ensuite des 29 cercles figurés sur la carte géologique de la France. Dans ces deux séries, il y a neuf doubles emplois résultant de ce que 9 des cercles étudiés d'une manière géné-

rales se retrouvent parmi les 29 cercles qui traversent la France et les contrées limitrophes; c'est ce qui réduit à 59 le nombre réel des cercles qui nous ont occupé. Ainsi que je l'ai dit précédemment, pages 194, 210, 211, 230 et ailleurs, j'aurais pu augmenter beaucoup le nombre de ces monographies, mais j'ai été arrêté par la crainte de trop allonger ce Rapport. Cette même crainte m'a également empêché de compléter, en les suivant sur toute leur circonférence, quelques-uns des 29 cercles tracés sur la carte géologique de la France.

Mais je ne crois pas qu'en comblant ces lacunes et en multipliant le nombre des cercles j'eusse pu ajouter beaucoup à la certitude, déjà suffisamment acquise, du fait qu'un grand nombre de cercles du réseau pentagonal existent réellement dans la nature : peut-être, aux yeux de beaucoup de lecteurs, aurais-je à me justifier, au contraire, d'avoir donné autant d'extension à cette partie du Rapport.

Comme je le disais au commencement de cette quatrième partie (p. 77), la *question vitale* est ici de savoir si le réseau pentagonal est une simple fantaisie géométrique, ou s'il représente quelque chose de réel et de *matériellement existant* sur le globe. Pour y parvenir, il m'a paru indispensable d'établir d'abord que les cercles qui représentent la quintessence de la symétrie pentagonale, les *six dodécaédriques réguliers*, les *dix octaédriques*, les quinze grands cercles *primitifs* du réseau, sont bien réellement des *lignes naturelles* imprimées sur la surface de la terre.

Ces 31 premiers cercles ne suffisant pas pour représenter les *grands cercles de comparaison* des différents systèmes de montagnes, il avait fallu les multiplier, sans s'écarter des lois de la symétrie pentagonale, et de là l'introduction des 30 *dodécaédriques rhomboïdaux*, placés eux-mêmes au rang des grands cercles principaux, et de différentes séries, composées chacune de 30 ou de 60 cercles, dérivés des 31 premiers cercles suivant certaines lois. Il était indispensable de vérifier que ces adjonctions donnaient des cercles sus-

ceptibles d'être *réalisés* par la nature, et j'ai mis dans cette vérification une grande sobriété, puisque, pouvant aller beaucoup plus loin, je me suis d'abord contenté de l'effectuer pour neuf cercles, à l'égard desquels, à la vérité, elle a constamment réussi. Vingt des cercles tracés sur la carte géologique de la France ont d'ailleurs fourni des vérifications complémentaires, de manière que, de ce côté aussi, la démonstration est complète.

Parmi ces 29 cercles se trouvent deux *dodécaédrique rhomboïdaux*, un *bissecteur* IH, trois *bissecteurs* DH. Je me trouve ainsi avoir traité sur le pied d'égalité ces trois séries de cercles, ce qui serait en harmonie avec la classification de M. Pouyanne, qui les comprend tous sous la dénomination de *semi-principaux*. Je crois toutefois que les *dodécaédriques rhomboïdaux* occupent dans la hiérarchie pentagonale un rang plus élevé que les *bissecteurs*. Au nombre de cas 29 cercles se trouvent aussi un *diamétral* D*c* (Alpes occidentales) et un *trapézoédrique* T*c* (Hundsrück), qui se sont trouvés être des cercles très-nettement jalonnés; ce qui sanctionne leur mode de dérivation et l'emploi des points *c*.

Il fallait constater également que parmi les *grands cercles auxiliaires*, dont le mode de dérivation pouvait déjà être considéré comme légitimé, il se trouvait réellement des cercles assez voisins des *grands cercles de comparaison provisoires* des différents systèmes de montagnes pour pouvoir les remplacer. Cette constatation a été l'un des objets de l'étude des *relations existantes entre le réseau pentagonal et la constitution du sol de la France et des contrées limitrophes*, étude qui a été faite pour les 29 cercles du réseau tracés sur la carte géologique de la France. En vérifiant que parmi ces cercles on trouve en effet des représentants des différents systèmes de montagnes, cette étude a consacré d'une manière nouvelle le mode de dérivation des *cercles auxiliaires*.

L'étude de ces 59 cercles a constaté, en outre, que l'installation provisoire du réseau pentagonal est à très-peu près exacte. Elle a atteint son but, mais elle n'a rien présenté de superflu, à

moins qu'on ne considère comme tels certains détails géologiques, ceux notamment qui sont relatifs aux volcans, détails qui, sans doute, n'étaient pas indispensables pour la partie géométrique du travail, mais qui semblent pouvoir se justifier dans un ouvrage destiné à concourir au développement de la géologie; et peut-être auront-ils pu servir quelquefois à reposer et à soutenir l'attention du lecteur.

L'étude a été aussi simple que possible et uniforme pour les 59 cercles. Elle a consisté à tracer chaque cercle sur les cartes les plus convenablement choisies des contrées qu'il traverse et à dresser le procès-verbal des rencontres qui s'y opèrent entre le cercle et des points susceptibles d'une définition orographique ou géologique, de manière à former un catalogue de tous les accidents du sol que le cercle traverse, et de ceux même qui en sont assez voisins pour lui former une sorte de cortége. Le nombre de ces points étant considérable, les catalogues ont été longs, sans qu'il ait été possible de les omettre ni de les abréger.

Ces éléments font partie de la science, puisqu'ils ont reçu dans ces dernières années la publicité de l'enseignement; mais, n'ayant pas été publiés, on ne pouvait à leur sujet renvoyer le lecteur à aucun ouvrage imprimé, et ils ont donné au présent Rapport le caractère d'une publication originale et plus étendue que je ne l'aurais souhaité.

Une lecture attentive de ces catalogues de points alignés, ou seulement de quelques-uns d'entre eux si le lecteur les trouve trop nombreux, lui donnera une idée plus nette du sujet que ne pourraient le faire de volumineux commentaires. Ces longs chapelets sont le *tracé par points* sur la surface du globe des lignes fondamentales de la stratigraphie.

Les points *remarquables*, *caractérisés*, *définis*, *définissables*, comme je les ai appelés, sont ceux qui peuvent être désignés par une circonstance particulière relative à la configuration, à la nature, à la structure du sol. Deux points définis suffisent pour déterminer

une ligne droite sur un plan ou un grand cercle sur la surface de la sphère. Un troisième point défini ne peut s'aligner avec les deux premiers que si la nature l'a placé convenablement pour cela. Quand il n'y a que trois points, on peut craindre, à la rigueur, que leur alignement ne soit l'effet du hasard; mais, lorsqu'on en trouve quatre, cinq, six, ou un plus grand nombre qui s'alignent entre eux, l'idée d'un effet du hasard devient de moins en moins admissible : on est en présence d'un phénomène naturel; c'est une *ligne droite* ou, sur le globe, un *arc de grand cercle*, que la nature a tracé par points.

La probabilité qu'il ne s'agit pas d'une simple illusion due aux effets du hasard croît rapidement à mesure que le nombre des points alignés augmente : de là la nécessité de dresser des catalogues développés et nécessairement fastidieux. Chacun des points alignés est un des *jalons* ou des *repères* de la ligne entière, ce qui justifie l'emploi qu'on a fait de ces deux expressions. Ces lignes ponctuées par la nature existent sur la surface du globe, indépendamment de la conception géométrique du réseau pentagonal, et on peut les y découvrir directement. Les points définissables sont quelquefois assez rapprochés les uns des autres pour qu'on en puisse saisir l'alignement à la simple vue; les pays de mines et les volcans en offrent des exemples. Mais le plus souvent ils sont assez éloignés et embrassent des étendues assez considérables pour que la vue ne puisse saisir leurs alignements. Il faut alors recourir à des cartes, où un examen attentif, aidé de quelques tâtonnements graphiques, peut les faire découvrir.

De savants travaux ont été faits dans cette voie, parmi lesquels je dois citer particulièrement ceux de M. Houzeau[1] sur l'Europe en général, et ceux de M. de Villeneuve sur la Provence[2]. Ce der-

[1] *Histoire du sol de l'Europe*, par M. Houzeau, ancien aide de l'observatoire de Bruxelles, membre de l'Académie de Belgique.

[2] *Description minéralogique et géologique du Var*, par M. le comte H. de Villeneuve-Flayosc, ingénieur en chef des mines, p. 451 et suiv.

nier contient de précieuses observations sur les alignements des sources. Mais ces remarquables recherches n'ont pu conduire qu'à des lignes de peu d'étendue, parmi lesquelles il serait difficile de discerner celles qui appartiennent aux cercles du réseau de celles qui se rapportent à leurs parallèles. Les inconvénients inhérents aux projections, suivant lesquelles sont construites les cartes dont on fait usage, à leur division en feuilles, etc. sont des obstacles moins faciles à vaincre qu'on ne le suppose peut-être généralement, surtout lorsque rien n'avertit de la position de l'alignement principal à rechercher. En effet, il arrive presque toujours qu'on trouve simultanément plusieurs alignements parallèles entre eux, sans que rien distingue le *grand cercle de comparaison du système* de ses parallèles, ou assure même que ce grand cercle est compris parmi les lignes reconnues.

Les cercles du réseau pentagonal sont pour cet objet des chercheurs incomparables. Il suffit de construire avec précision sur les cartes le cercle *convenablement choisi* : il passe de lui-même par les points définis alignés, qui en deviennent les *jalons* et les *repères*, en même temps qu'ils sont ceux de la *ligne naturelle*, car la ligne naturelle et le cercle se confondent sensiblement.

Plusieurs savants ont allégué que, le nombre des *cercles auxiliaires* du réseau pentagonal étant très-considérable, on en trouverait toujours un pour représenter une orientation quelconque. Il y a là une erreur de fait. Considérés sur tout le globe, les *cercles auxiliaires* du réseau sont sans doute extrêmement nombreux, mais il n'y en a généralement qu'un très-petit nombre qui passent dans une contrée déterminée en suivant approximativement une orientation donnée. L'auteur de la *Notice sur les systèmes de montagnes* n'a presque jamais hésité, dans la recherche du représentant de chaque système, qu'entre des cercles notablement différents, dont l'un s'est toujours trouvé désigné à son choix par quelque circonstance particulière; et le choix a toujours été justifié, puisque chacun des cercles choisis s'est trouvé coïncider avec l'une des *lignes*

naturelles de la surface du globe, lignes dont l'existence étonne toujours chaque fois qu'on en découvre une nouvelle et dont les orientations sont en petit nombre dans chaque contrée.

Dans le mémoire déjà cité, M. Pouyanne a appliqué, d'une manière ingénieuse, le calcul des probabilités à l'objection précédente, et, après une discussion qu'il est impossible d'analyser ici, il a conclu que le réseau pentagonal, malgré le grand nombre de ses cercles, est susceptible de trouver, dans la seule étude des directions, des preuves aussi solides que celles de n'importe quelle loi naturelle[1]. Si le savant auteur avait pu faire entrer dans son calcul l'existence de lignes jalonnées par des accidents naturels auxquels s'appliquent d'eux-mêmes les cercles choisis du réseau, il aurait trouvé, sans aucun doute, une probabilité bien peu différente de la certitude.

On s'étonnera peut-être au premier abord que, parmi les repères des cercles du réseau pentagonal *réalisés*, j'aie mentionné aussi souvent les accidents des cours d'eau, tels que leurs inflexions, leurs coudes, leurs confluents. L'étude des cercles, tracés sur une bonne carte hydrographique, y conduit d'elle-même, et rien ne paraît au fond plus naturel. Tout annonce, en effet, que les vallées sont dues à des fissures du sol élargies par des érosions superficielles. Abstraction faite des méandres qui sont le cachet indélébile de l'action des eaux en mouvement, quand une vallée change de direction, cela vient de ce qu'après avoir suivi une fissure elle en suit une autre qui croise la première, et, quand deux vallées se rencontrent et donnent lieu à un confluent de rivières, cela provient aussi, en principe, de la rencontre de deux fissures. Or les fissures que suivent les vallées font partie d'un plexus de fentes qui, dans chaque contrée, traversent en différents sens l'écorce terrestre, et dont la disposition est en rapport avec le réseau pentagonal : il est peu étonnant que leurs rencontres s'opèrent fréquem-

[1] *Annales des Mines*, 6e série, t. X, p. 402 (1866).

ment sur les cercles du réseau aussi bien que sur leurs parallèles. Les centres éruptifs se trouvent de même aux points de rencontre de certaines fissures que rien ne distingue des précédentes. Les sources ordinaires alimentées par les phénomènes atmosphériques, les accidents des cours d'eau extérieurs, les sources minérales et thermales, les filons métallifères, les sources intermittentes de terres liquéfiées (*Volcans*, Humboldt), et les masses de roches ramollies par la chaleur, profitent aujourd'hui sous nos yeux, et ont profité dans tous les temps, d'un même réseau de fissures, dont les intersections comprennent les points qui servent de repères aux cercles du réseau pentagonal.

Pour ne rappeler ici qu'un seul exemple, le confluent de Gemund, la première section de la vallée de l'Aisne, la grande fontaine d'Ancy-le-Franc et les granites du Port-la-Glère et du Port-d'Oo sont (page 337), pour le *trapézoédrique* T*abc* du système du Longmynd, des repères d'une égale netteté; je me trompe, les trois points hydrographiques sont des repères beaucoup plus précis que ne peut l'être le gros massif granitique qui forme le cœur des Pyrénées.

Les positions des villes d'une certaine importance et celles des grands ouvrages des hommes sont en partie soumises aux mêmes lois. Le tout forme un ensemble extrêmement compliqué; mais le propre du réseau pentagonal est de mettre sur la voie de ce qu'il y a de simple au milieu de cette complication; et, qu'on me permette de le dire, il n'a pas moins fallu que l'étude prolongée de cinquante-neuf cercles pour me donner, à moi-même, la confiance que m'inspire aujourd'hui cet ordre d'idées.

Peut-être trouvera-t-on un jour que la propriété dont jouissent les accidents hydrographiques, les centres de soulèvement, les volcans, les pitons de roches hypogènes, de former indistinctement et tous ensemble de *longs chapelets*, qui marquent par points certains grands cercles de la sphère terrestre, fournit un puissant argument à l'appui de l'hypothèse qui, pour me servir des expressions

de l'illustre auteur du *Cosmos*, leur assigne une origine commune, due aux *effets exercés par l'intérieur d'une planète en fusion sur son enveloppe oxydée, dans les différents stades de son refroidissement.*

Mais je reviens à la statigraphie, en rappelant que j'ai signalé précédemment, page 243 de ce Rapport, l'étude de l'application du réseau pentagonal à la carte géologique de la France, comme propre à résoudre une double question : celle de savoir si le réseau pentagonal présente réellement des représentants des *grands cercles de comparaison provisoires* des différents systèmes de montagnes, qu'on puisse leur substituer sans dépasser les limites de l'incertitude que l'insuffisance des observations originaires a laissée dans leurs positions; et celle du degré de précision avec lequel le réseau pentagonal s'adapte aux irrégularités apparentes de la surface du globe.

La première de ces deux questions a été résolue en détail aux dernières lignes des articles consacrés à chacun des cercles qui représentent des systèmes de montagnes. Pour chacun de ces systèmes pris successivement un à un, le réseau pentagonal a fourni un *cercle jalonné naturellement*, qui ne s'écarte du *grand cercle de comparaison provisoire* adopté pour ce système que dans des limites admissibles et souvent même d'une très-petite quantité, suivant le bonheur plus ou moins grand avec lequel le *grand cercle de comparaison provisoire* avait été choisi originairement par l'auteur de la *Notice*. J'ai fait voir en outre, dans les pages précédentes, que, dans leur adaptation aux accidents orographiques qui diversifient la surface de la France, les *grands cercles de comparaison* donnés par le réseau sont de beaucoup supérieurs à ceux qu'ils remplacent, et font naître d'eux-mêmes l'idée d'adaptations délicates, auxquelles on n'avait pas même songé, et auxquelles ils satisfont avec une étonnante ponctualité.

Le *grand cercle de comparaison provisoire* n'a jamais été conçu que comme une *ligne abstraite* destinée à représenter approximativement les observations. Les grands cercles du réseau pentagonal sont

d'autres *lignes abstraites* destinées à remplacer les premières; mais les grands cercles du réseau que les phénomènes géologiques ont réalisés jouissent du privilége de s'adapter à certaines *lignes physiques*, avec une précision remarquable, sur laquelle j'ai mainte fois insisté, et d'où dépend celle de l'installation provisoire actuelle du réseau pentagonal.

L'appréciation de cette précision est née, pour ainsi dire, sous ma plume, en écrivant les cinquante-neuf monographies qui constituent une partie considérable de ce Rapport, et particulièrement les vingt-neuf dernières, relatives aux cercles qui traversent le cadre de la carte géologique de la France. On peut remarquer, en effet, par la manière dont mes expressions se sont nuancées d'elles-mêmes dans ce long travail, que j'ai été conduit à traiter comme insignifiantes, c'est-à-dire comme inévitables, les distances de 1 à 2 kilomètres qui se sont très-fréquemment présentées entre le cours calculé de la *ligne abstraite*, tracée rigoureusement sur la carte géologique générale à l'échelle de $\frac{1}{500000}$, ou sur la carte géologique détaillée à l'échelle de $\frac{1}{80000}$, et les *points définis* auxquels je l'ai comparée; que j'ai mis déjà quelque réserve en parlant des cas où il restait une distance de 3 kilomètres entre le cercle calculé et le point défini, et que je n'ai mentionné que comme des repères ou des jalons *approximatifs* les points définis situés à 4 ou 5 kilomètres ou à une distance plus grande du cours du même cercle.

En résumant les résultats obtenus relativement à la position de chaque cercle, j'ai dû très-souvent faire remarquer que le déplacement auquel ce cercle sera soumis, lorsque le réseau pentagonal passera de sa position provisoire actuelle à sa position définitive, devra être très-petit, sans quoi la position du cercle serait gâtée, et il perdrait les *priviléges* dont la nature l'a doté. Par cet énoncé j'ai constaté, chaque fois, la découverte d'une *ligne naturelle* dont le cercle calculé ne s'écartait que d'une très-petite quantité. Les déplacements possibles, dans l'avenir, auxquels je faisais allusion,

étaient nécessairement du même ordre que les distances dont je tenais peu de compte, c'est-à-dire qu'ils ne devaient guère dépasser 1 ou 2 kilomètres.

La tolérance dont la pratique m'a conduit à faire usage relativement au rapprochement des *lignes abstraites* calculées et des accidents de l'écorce terrestre dont elles affectent de se rapprocher était commandée par la nature même des choses. Ces accidents géologiques ne sont pas des points sans épaisseur, et leur centre ou leur milieu est souvent fort difficile à reconnaître. S'il s'agit d'une montagne, on ne peut dire le plus souvent si le point caractéristique est son sommet, qui peut-être n'est plus aujourd'hui son sommet originaire, ou bien le centre de figure de sa base, qui est très-incertain lorsque la montagne n'est pas circulaire, ou enfin un point de son contour auquel le cercle calculé serait tangent, contour qui lui-même présente une certaine indétermination toutes les fois que la masse qui forme la montagne n'est pas limitée par une surface cylindrique à arêtes verticales. La *Notice sur les systèmes de montagnes* renferme sur ce sujet des remarques auxquelles je me borne à renvoyer le lecteur[1].

Lorsqu'il s'agit d'accidents hydrographiques, par exemple d'un confluent, on peut rarement savoir quelle distance existe entre le filet médian d'un cours d'eau, auquel se rapporte le tracé de la carte, et le plan de la fissure à laquelle la vallée doit son origine, à supposer même que le plan de cette fissure soit vertical. On mesure sur la carte la distance du cercle calculé au point de rencontre des milieux des deux cours d'eau, tandis qu'il faudrait pouvoir mesurer la distance de ce même cercle au point de rencontre de deux fissures dont l'existence est admise, mais dont les positions ne sont pas connues.

On doit avouer aussi que, même dans les meilleures cartes, les remplissages topographiques n'ont pas toujours une précision ab-

[1] *Notice*, p. 1192 et autres (voir la table de l'ouvrage).

solue. Si les mesures dont je parle se rapportaient à des pays autres que les parties de l'Europe occidentale, où les cartes reposent sur des levés géodésiques, il y aurait à compter encore avec l'incertitude des latitudes et surtout des longitudes de beaucoup des points qui y sont figurés. Des savants dont on ne peut nier la compétence discutent encore la position assignée à Rio-Janeiro, qu'on a supposée être en erreur de 5 à 6 minutes en longitude, qui feraient environ 9 kilomètres.

Dans un pareil état de choses et en présence de la légère incertitude dont reste affectée la position du réseau pentagonal, que l'auteur de la *Notice sur les systèmes de montagnes* n'a présentée que comme *provisoire*[1], on ne peut s'étonner que d'une chose, c'est que, du moins pour la France, où se réunissent à la vérité les conditions les plus favorables, j'aie pu me trouver conduit pratiquement à ne considérer comme absolument négligeables que des écarts de 1 à 2 kilomètres. Et il faut remarquer que ces écarts, quoique peu considérables, sont cependant un résultat complexe, car ils se composent de trois parties dues, 1° à ce qu'on ne peut presque jamais reconnaître bien précisément le point qui devrait être considéré comme le centre de chaque accident géologique que l'on compare au cercle calculé; 2° à ce que la nature n'a peut-être placé ces points en ligne droite que d'une manière approximative; 3° à ce que l'installation actuelle du réseau pentagonal n'est encore que *provisoire* et demeure susceptible d'une rectification ultérieure.

Il est évident que le petit mouvement déterminé par la méthode des moindres carrés, comme on l'a indiqué dans la *Notice sur les systèmes de montagnes*[2], ou par quelque autre méthode équivalente, qui opérera cette rectification et fera disparaître la troisième partie de l'écart, aura pour effet, du moins en général, d'améliorer la position des cercles du réseau, et non de la gâter. Les

[1] *Notice*, p. 1029. — [2] *Ibid.* p. 1216.

cartes géographiques et géologiques se perfectionneront aussi par degrés, et tous les progrès de la science tendront à réduire encore la discordance, déjà si légère, qui existe entre les cercles calculés du réseau et les positions attribuées aux points qui jalonnent les *lignes naturelles* correspondantes. Toutefois on doit comprendre qu'en cette matière, où la régularité existe surtout en grand, il ne faut pas vouloir pénétrer trop avant dans le domaine des infiniment petits. On finirait par y trouver une confusion apparente, résultant de ce que les derniers détails des brisures de l'écorce terrestre sont soumis aux effets de certaines particularités locales en même temps qu'aux effets généraux qui ont produit les grands phénomènes géologiques.

Pour éviter cet écueil, il m'a suffi de considérer chacune des *lignes naturelles*, dont l'existence s'est révélée dans le cours de mon travail, comme ayant une épaisseur comparable à celle des accidents géologiques qui en jalonnent le cours. En enregistrant, avec des expressions progressives et nuancées, tous les points définis près desquels passent les cercles calculés, j'ai traité, en fait, les lignes tracées par des jalons naturels comme autant de petites zones que la marche du travail m'a conduit à réduire à moins de 8 kilomètres de largeur : un peu plus de 4 minutes de degré du méridien.

Il n'est pas inutile d'insister sur l'étroitesse comparative d'une semblable zone. La circonférence du globe étant d'environ 40,000 kilomètres, une zone de 8 kilomètres de largeur est 5,000 fois aussi longue que large : c'est la proportion existante dans une route de 10 mètres de largeur et de 50 kilomètres de longueur. Sur un globe de 1 mètre de diamètre, la représentation exacte d'une pareille zone n'aurait guère que $\frac{6}{10}$ de millimètre de largeur : ce serait un gros trait. Sur un globe ordinaire, de 30 à 35 centimètres de diamètre, comme celui sur lequel M. Laugel a tracé le réseau pentagonal, ce serait presque un trait ordinaire.

On a peine à concevoir comment l'appareil mécanique, que cons-

titue le globe terrestre en voie de refroidissement, a pu fonctionner avec assez de précision pour faire naître une série de repères dans un espace aussi étroit; mais le fait est mis en complète évidence par le contenu de cette quatrième partie du Rapport. Chacun des cercles du réseau pentagonal que la nature a *réalisés* est représenté par une semblable zone, accompagnée, il est vrai, par un cortége d'accidents moins étroitement resserrés, et quelquefois par un système de chaînes de montagnes parallèles à sa direction et embrassant une largeur qui peut atteindre ou dépasser même 20 degrés.

Le cercle calculé qui est assujetti à rester renfermé dans une zone aussi étroite, sous peine de voir gâter sa position, c'est-à-dire d'être réduit à passer par des points insignifiants, au lieu de passer par des points caractérisés, ne peut être déplacé transversalement à sa direction que de 2 minutes dans un sens ou dans l'autre, et ne peut de même tourner que de 2 minutes environ d'un côté ou de l'autre autour de l'un de ses points.

Tel est le degré de précision avec lequel le réseau pentagonal, dans son installation provisoire actuelle, s'applique déjà aux accidents de l'écorce terrestre, et la nature, en faisant naître les *lignes naturelles* que les cercles du réseau représentent, s'est astreinte à une précision plus grande encore, que le réseau finira peut-être par atteindre lorsqu'il aura reçu son installation définitive.

M. Élie de Beaumont, en présentant à l'Académie des sciences, dans une des séances de l'année 1850[1], le réseau pentagonal installé sur un globe dans sa position provisoire actuelle, exprimait l'espérance qu'il ne se passerait pas un grand nombre d'années avant que le réseau fût fixé avec la précision des degrés et même avec celles des dizaines de minutes[2]. Le contenu de la quatrième partie du présent rapport montre suffisamment qu'il aurait pu, dès lors, aller plus loin et être plus affirmatif. Mais cette précision, à

[1] *Comptes rendus*, t. XXXI, p. 335, séance du 9 septembre 1850. — [2] *Notice*, p. 1204.

deux minutes près, qui rivalise avec celle de la cristallographie et dont la constatation est un des progrès des dernières années, aurait pu être moins grande sans qu'aucune des conséquences générales qui résultent de l'existence du réseau en fût sensiblement affectée et sans que les applications s'en ressentissent en aucune façon. Il suffit, pour les unes et pour les autres, que l'existence du réseau pentagonal et l'exactitude approximative de son installation provisoire actuelle aient été mises *hors de doute*.

CINQUIÈME PARTIE.

APPLICATIONS DU RÉSEAU PENTAGONAL.

Le réseau pentagonal est susceptible de différentes applications scientifiques ou techniques. Depuis dix-huit ans il en a reçu plusieurs qui méritent d'être signalées, et dont un rapide aperçu fera l'objet de cette cinquième et dernière partie du Rapport.

APPLICATIONS À LA TOPOGRAPHIE.

Le réseau pentagonal est représenté dans la nature par un système de grands cercles imprimés en caractères géologiques sur la surface de la terre. Les uns sont les *grands cercles de comparaison* d'autant de systèmes de montagnes, et les autres sont liés aux premiers par les lois de la symétrie pentagonale.

Les cercles du réseau pentagonal comprennent un très-grand nombre de points remarquables qui sont, rigoureusement ou approximativement, leurs jalons ou leurs repères; mais ils ne comprennent pas tous les points remarquables du globe. Ainsi qu'on l'a déjà rappelé précédemment, page 64, le mont Blanc, le mont Dore, le Cantal, etc. ne se trouvent sur aucun des cercles du réseau que nous avons étudiés. Ils se trouveront probablement sur des arcs parallèles aux premiers, qui produiront un plexus beaucoup plus serré encore que celui dont nous nous sommes occupé.

L'essence des systèmes de montagnes est de se composer chacun d'une nombreuse série de chaînons respectivement parallèles au *grand cercle de comparaison*, mais placés pour la plupart en dehors de ce grand cercle, à des distances plus ou moins grandes, qui atteignent quelquefois ou dépassent même 10 degrés (soit 1,100 kilo-

mètres ou 250 lieues de chaque côté). Les points remarquables de ces chaînons latéraux sont nécessairement en dehors du *grand cercle de comparaison*. Il est vrai qu'ils se trouvent fréquemment sur des cercles transversaux, comme on en a vu de très-nombreux exemples dans les études consignées ci-dessus; et, pour le dire en passant, la manière dont les cercles du réseau, examinés dans le cours de ce Rapport, traversent les chaînes volcaniques des Açores, des Antilles, des îles Sandwich, des îles Aleutiennes, des îles Kuriles, du Japon, etc. donne une grande force à cette remarque : néanmoins, quoique très-fréquentes, ces rencontres sont cependant encore des faits particuliers.

Mais les arcs de grands cercles qui représentent les axes des différents chaînons de montagnes et les arcs soumis à la même loi de parallélisme qui représentent des failles ou autres fissures de l'écorce terrestre, des lignes de points d'éruption, etc., pris dans leurs longueurs limitées ou légèrement prolongés, se coupent entre eux ou coupent les cercles du réseau en un nombre presque infini de points, nécessairement coordonnés à la symétrie pentagonale, et formant une sorte de quinconce que l'auteur de la *Notice sur les systèmes de montagnes* a nommé *quinconce pentagonal*[1].

Les points d'intersection des cercles du réseau pentagonal font eux-mêmes partie de ce quinconce; ils en sont les points du premier ordre, et l'auteur a désigné tous les autres sous le nom de *points secondaires*. Comparés aux points géodésiques, les premiers représentent les sommets de la grande triangulation, et les autres les sommets des triangles du second et du troisième ordre.

La plupart, sinon la totalité des points remarquables de l'écorce terrestre, appartiennent soit aux points du premier ordre, soit aux points secondaires du *quinconce pentagonal*.

Le *quinconce pentagonal* est le *canevas fondamental de la topographie*, soit qu'on la considère au point de vue purement orogra-

[1] *Notice*, p. 1021 et autres. (Voir la table de l'ouvrage.)

phique, soit qu'on y comprenne la connaissance des substances diverses dont le sol se compose et de celles qui y forment des accidents et qui en constituent la richesse.

Le *quinconce pentagonal* ne pourrait être tracé d'une manière complète que sur des plans d'une très-grande échelle, car il devrait comprendre le tracé de la totalité des fissures qui traversent le sol. Mais, suivant l'échelle à laquelle on opère, on peut faire, d'après leur importance relative, un choix parmi les axes de soulèvement, les failles, les fissures, les alignements de tous genres, et il n'est pas nécessaire d'en tracer un très-grand nombre pour arriver, suivant une expression empruntée au langage des artistes, *à mettre un pays dans ses lignes.*

MM. Élie de Beaumont et de Chancourtois ayant été chargés, en 1852, de compléter et de terminer la carte géologique du département de la Haute-Marne, préparée par M. A. Duhamel, ingénieur en chef des mines, qu'une mort prématurée avait empêché de la terminer, ont entrepris de faire pour ce département l'opération qui vient d'être indiquée. Leur travail a paru en 1862, et je vais en donner une idée sommaire.

Ils ont observé avec attention et tracé avec le plus grand soin, sur la carte dite *d'état-major,* publiée par le Dépôt de la guerre à l'échelle de $\frac{1}{80.000}$, les failles et autres accidents stratigraphiques qui sillonnent le sol du département de la Haute-Marne, où ils achevaient en même temps de tracer d'une manière détaillée les contours des différentes formations géologiques. Ils ne se sont pas contentés de relever simplement à la boussole les directions des failles et des inflexions des couches; ils en ont perfectionné le tracé, en étudiant la manière dont ces accidents géologiques s'adaptent aux détails des accidents topographiques figurés avec une rare précision sur les cartes du Dépôt de la guerre. Ils se sont aidés en même temps de la remarque presque séculaire de Werner et des mineurs de l'Allemagne, que les failles ou fentes dans lesquelles ont été déposés les filons métallifères sont coordonnées entre elles par fais-

ceaux, dans chacun desquels toutes les directions sont sensiblement parallèles les unes aux autres. Ils sont parvenus de cette manière à représenter toutes leurs observations par *seize faisceaux de lignes parallèles.*

Des lignes tirées par Buxières-lez-Belmont, où un pointement granitique attire spécialement l'attention, parallèlement à ces seize directions, ont formé la *rose des directions observées* du département de la Haute-Marne.

Les seize rayons de cette rose représentent, en même temps, la plupart des directions suivant lesquelles M. de Chancourtois a constaté que s'alignent les nombreux gîtes de minerais de fer qui sont exploités dans le même département, ainsi que les masses de gypse et les sources minérales. Ces alignements, que M. de Chancourtois a tracés avec la plus scrupuleuse attention, sont figurés sur la carte de la Haute-Marne par des lignes en points longs imprimés en rouge, tandis que les failles sont figurées par des lignes pleines, et les lignes d'inflexion des couches par des lignes en points longs, imprimées les unes et les autres en bleu.

Malgré tous les soins qu'ils avaient apportés à ce travail, exécuté avec les instruments usuels, MM. Élie de Beaumont et de Chancourtois ont déclaré qu'ils ne pouvaient espérer d'avoir atteint une précision obsolue, et ils ont indiqué eux-mêmes la limite de leurs prétentions à cet égard, en se bornant à coter en degrés et quarts de degré (N. 20° 45′ E., N. 34° E., N. 37° 15′ E.) les orientations figurées sur leur *rose des directions observées.* L'exactitude de ces orientations demeure même sujette à leurs yeux à certaines réserves qu'ils ont indiquées, en ajoutant que peut-être quelques failles ont été tracées d'une manière trop continue, surtout dans les terrains argileux.

Quoi qu'il en soit, la *rose des directions observées* de la Haute-Marne, qui est réellement la quintessence de la stratigraphie de la contrée, étant gravée et irrévocablement tirée depuis un certain temps, M. Élie de Beaumont a été curieux de savoir quels rapports

les seize directions relevées dans la Haute-Marne pourraient avoir avec les directions qu'il avait antérieurement adoptées pour les différents systèmes de montagnes de l'Europe occidentale, et la comparaison dont il s'agit a été, de sa part, l'objet d'un travail spécial qu'il a communiqué à l'Académie des sciences[1].

Il a exécuté, par les méthodes ordinaires de la trigonométrie sphérique, les calculs nécessaires pour mener, du centre de la *rose des directions observées*, placé à Buxières-lez-Belmont, par 47°45′15″ de latitude N. et par 3°12′15″ de longitude E. de Paris, une ligne parallèle à l'élément correspondant de chacun des *grands cercles de comparaison* des différents systèmes de montagnes de l'Europe occidentale. Ces parallèles devaient former une *rose des directions théoriques* susceptible d'être comparée à la *rose des directions observées* déjà gravée sur la carte.

Rien n'exigeant que l'auteur se limitât dans la composition de cette rose des directions théoriques, il y a fait entrer des parallèles à une grande partie des *cercles principaux* du pentagone européen, ainsi qu'à plusieurs *cercles auxiliaires* qui, par leur analogie avec les cercles déjà employés pour représenter des systèmes de montagnes, lui paraissent susceptibles d'être pris utilement en considération. Excluant seulement les cercles qui passaient évidemment à une trop grande distance de Buxières-lez-Belmont pour que leur influence pût s'y faire sentir (et encore en a-t-il introduit, pour en amener la discussion, quelques-uns qui étaient dans ce dernier cas), il a calculé les orientations de parallèles menées par Buxières-lez-Belmont à quarante-trois cercles différents. Remarquant, en outre, que, lorsque des accidents stratigraphiques se sont produits parallèlement à une certaine direction, des fissures ont dû se produire aussi, quoique sur une moindre étendue, perpendiculairement à cette même direction, il a tenu compte également des perpendiculaires aux grands cercles pris en considération. Il a eu ainsi, pour

[1] *Comptes rendus*, t. LV, p. 76, séance du 14 juillet 1862.

en composer la *rose des directions théoriques*, quatre-vingt-six orientations perpendiculaires entre elles deux à deux, parmi lesquelles il était rationnellement amené à chercher les seize directions observées.

A l'aide de toutes ces données, il a formé un tableau[1] présentant, relativement à chacun des cercles introduits dans la *rose*, l'orientation de la parallèle qui lui est menée par Buxières-lez-Belmont, la longueur de la perpendiculaire abaissée du même lieu sur ce cercle, et l'orientation, à son point de départ, de cette perpendiculaire, que la parallèle coupe à angle droit en ce même point. Des colonnes spéciales du même tableau sont consacrées aux orientations observées, rapportées à Buxières-lez-Belmont, aux différences existantes entre chacune de ces dernières et celle des orientations théoriques qui s'en rapproche le plus, différences qu'il a nommées, par cette raison, différences *minima*, et enfin aux différences entre les orientations observées et celles des orientations théoriques qui, après discussion, ont paru devoir être adoptées pour représenter les premières.

Les quarante-trois parallèles, jointes aux quarante-trois perpendiculaires, ont donné un total de quatre-vingt-six orientations calculées, qui ont été rangées dans la troisième colonne du tableau, suivant l'ordre dans lequel elles se succèdent en partant du N. pour aller par l'E. S., vers le et les différences ont été rangées dans un ordre correspondant.

On aurait pu croire que ces quatre-vingt-six orientations se seraient réparties dans la demi-circonférence, de manière à la diviser en petits secteurs ayant chacun une amplitude peu différente de 2 degrés; et très-probablement il en aurait été à peu près ainsi pour des orientations prises absolument au hasard. Mais les quatre-vingt-six orientations inscrites, dérivant du *réseau pentagonal*, portaient nécessairement l'empreinte de la symétrie du réseau, et elles ont

[1] *Comptes rendus*, t. LV, p. 80, séance du 14 juillet 1862.

accusé leur origine en formant des faisceaux assez étroits et souvent même très-resserrés, séparés par des intervalles vides d'une amplitude plus ou moins grande. On a vu se reproduire le *caprice apparent* signalé plus haut, page 36, par lequel la symétrie pentagonale s'est révélée pour la première fois.

Les orientations inscrites dans le tableau, étant perpendiculaires deux à deux, étaient nécessairement réparties de la même manière dans les deux quarts de circonférence compris entre 0° et 90° et entre 90° et 180°. Dans la demi-circonférence entière, les faisceaux étaient au nombre de 28 séparés par 28 intervalles vides, et les faisceaux étaient tellement serrés, que tous ensemble ils ne comprenaient que 34° 51′ 33″ 02, tandis que les 28 intervalles embrassaient 145° 8′ 26″ 98.

Ce groupement des orientations théoriques en faisceaux a joué nécessairement un rôle prépondérant dans la discussion à laquelle l'auteur a dû se livrer pour déterminer quelles étaient, parmi les orientations théoriques, celles auxquelles il convenait le mieux de rapporter les seize orientations observées dans le département de la Haute-Marne. Comme il serait difficile d'abréger cette discussion, qui, en raison de son étendue, ne peut être reproduite dans le présent Rapport, je dois me borner à en consigner ici les principaux résultats.

En empruntant aux cercles du réseau pentagonal quatre-vingt-six orientations, pour les rapprocher, sans autres préliminaires, de seize orientations observées, on aurait pu craindre de faire naître une confusion presque inextricable. Mais il n'en a pas été ainsi, et, en éclairant, lorsque la nécessité s'en est fait sentir, les résultats bruts des rapprochements numériques par les considérations que fournissait naturellement la constitution géologique de la contrée, l'auteur a pu rapporter rationnellement les observations faites dans la Haute-Marne aux systèmes de montagnes dont l'influence s'y est fait sentir, sans être obligé d'admettre entre les orientations observées et les orientations calculées des différences trop considérables.

Ces différences, notées comme positives ou comme négatives, suivant que l'orientation observée s'éloigne ou se rapproche du nord plus que la direction calculée à laquelle on la compare, sont le plus souvent très-faibles, les plus fortes ne dépassant pas trois à quatre degrés.

La *rose des directions observées* se compose de seize rayons, dont chacun représente un groupe plus ou moins nombreux de failles, de directions de couches repliées ou redressées et d'alignements répandus dans différentes parties du département. Dans chacun de ces groupes, les orientations sont très-peu différentes les unes des autres, sans être cependant assez complétement identiques pour qu'on ne puisse pas les soupçonner quelquefois d'appartenir à des systèmes distincts, mais d'orientations très-voisines. En rapprochant les seize orientations observées des quarante-trois orientations calculées et de leurs perpendiculaires, l'auteur a trouvé que vingt-deux de ces orientations théoriques pouvaient avoir des représentants parmi les orientations des accidents stratigraphiques du département de la Haute-Marne, et il a même mentionné en outre deux rapprochements douteux.

Parmi les vingt-deux rapprochements admis, douze, c'est-à-dire plus de la moitié, se sont présentés dès l'abord : on n'a eu qu'à rattacher l'orientation observée à l'orientation théorique qui s'en éloignait le moins, et qui souvent ne présentait avec la première qu'une différence extrêmement faible, comprise parmi les seize différences *minima* inscrites dans une colonne particulière du tableau et reproduites parmi les vingt-deux différences relatives aux orientations choisies.

Dans les dix autres cas, des considérations géologiques ont conduit à rapprocher la direction observée d'une direction calculée autre que celle qui s'en éloignait le moins. Une orientation observée, qui tombait entre deux orientations calculées, a quelquefois été considérée comme réunissant à la fois des lignes se rapportant aux deux dernières. D'autres fois il a paru que le cercle auquel se

rapportait l'orientation calculée la plus voisine d'une orientation observée avait des rapports géologiques moins naturels avec la constitution géologique du département de la Haute-Marne qu'un autre cercle dont l'orientation s'éloignait un peu plus de l'orientation observée, et on s'est décidé à chevaucher par-dessus la première pour aller prendre la seconde. Il en est résulté que quatre des différences *minima* (un quart seulement de la totalité) ne figurent pas dans la colonne relative aux orientations choisies et y sont remplacées par des différences un peu plus fortes. C'est ainsi qu'ont été introduites dans la colonne relative aux vingt-deux orientations choisies dix différences qui ne sont pas des différences *minima*.

Dans la discussion se sont offerts des rapprochements singulièrement heureux, dont le résultat présente un caractère frappant de vérité. Deux cercles du réseau pentagonal, le *diamétral* D*ac* du système de la Côte-d'Or et le *trapézoédrique* T*c* du système du Hundsrück, se coupent, comme on l'a vu précédemment, à Saint-Marcel, près de Noroy-lez-Jussey, dans la partie du département de la Haute-Saône la plus voisine de celui de la Haute-Marne. Ils traversent l'un et l'autre la partie méridionale de la Haute-Marne, qui est celle où les failles sont le plus multipliées. Il était naturel que leurs orientations fussent reproduites par celles des failles avec une netteté particulière. Or, pour ces deux cercles, on a été conduit à conserver dans la colonne des différences relatives aux orientations choisies les différences *minima*, qui sont, pour le cercle de la Côte-d'Or, $+0^\circ 21' 58'' 20$, et pour le cercle du Hundsrück, $-0^\circ 27' 31'' 77$; deux différences en elles-mêmes assez faibles et qui, étant de signes contraires, se compensent presque exactement.

La compensation, cependant, n'a pas lieu pour l'ensemble des différences. Parmi les seize différences *minima*, huit sont positives et huit sont négatives, mais les différences positives sont plus grandes en moyenne que les différences négatives; et, parmi les différences relatives aux vingt-deux orientations choisies, quatorze

sont positives, tandis que huit seulement sont négatives et moins grandes en moyenne que les différences positives.

Disposer, pour atténuer cette disproportion, des *deux minutes* dont le réseau pentagonal, dans *sa position provisoire actuelle*, paraît susceptible de tourner sur lui-même, serait un remède insuffisant. Le privilége constant dont jouissent ici les différences positives a amené l'auteur à penser qu'une cause spéciale, indépendante du caprice des erreurs d'observation, avait concouru à les produire.

Il a constaté, en effet, qu'on pourrait trouver cette cause dans un défaut réel de continuité des fissures, qui, sans présenter d'interruption complète et apparente, seraient tronçonnées en segments consécutifs, disposés en échelon, par le croisement de fissures transversales. Pour chacune des différences un peu considérables que les résultats du calcul ont données, il a pu signaler un système de croisements et de rejets qui, combiné avec la direction calculée, aurait produit une déviation de même signe que celle qui a été déterminée. Il a, en outre, fait remarquer que, suivant toute apparence, les fissures ne sont presque jamais verticales, et que, de même que dans les filons, toutes les fissures d'une même orientation sont probablement inclinées dans le même sens. Or cette inclinaison, qui joue un rôle essentiel dans l'*épure* bien connue du croisement des filons, et qui, dans le cas actuel, reste indéterminée, a été dans les mains de la nature un élément propre à faciliter la production des déviations observées. De là il résulte que, très-probablement, une petite partie seulement des différences données par les résultats du calcul rentre dans le domaine du hasard ou des erreurs d'observation.

La discussion des seize différences *minima* et des vingt-deux différences relatives aux orientations choisies a conduit l'auteur à beaucoup d'autres remarques, qui tiendraient ici trop de place et pour lesquelles je ne puis que renvoyer au mémoire original[1]. Je

[1] *Comptes rendus*, t. LV, p. 113, séance du 21 juillet 1862.

citerai cependant encore le résultat suivant. Les seize orientations observées ne sont pas réparties également entre les deux quadrants N.-E. et S.-E., mais le premier en renferme dix et le second six seulement. Pour les vingt-deux orientations choisies, treize tombent dans le premier quadrant, et neuf seulement dans le second. Cette préférence pour le quadrant N.-E. est en harmonie avec la remarque faite depuis longtemps par M. de Humboldt, que les orientations des accidents stratigraphiques de l'Europe occidentale se dirigent le plus souvent vers la région du N.-E., mais qu'un groupe assez nombreux aussi de ces orientations se dirige vers la région du S.-E.

L'analyse rigoureuse des faits observables dans une région, même aussi peu étendue qu'un département, peut ainsi quelquefois reproduire ou faire naître des remarques susceptibles d'une application générale.

L'auteur avait fait entrer dans la rose des directions calculées quarante-trois cercles dont plusieurs passent fort loin de Buxières-lez-Belmont. Le résultat de la discussion a été d'éliminer en masse les neuf cercles qui en passent le plus loin. Les vingt-deux rapprochements se rapportent à vingt-deux des trente-quatre cercles qui passent le plus près de Buxières, et pour les deux plus éloignés desquels les perpendiculaires abaissées de ce point n'ont encore que des longueurs de 6°50′11″94 et de 6°40′37″00. Or ces deux derniers cercles sont ceux qui représentent les systèmes des Alpes principales et des Pyrénées, deux des systèmes qui ont le plus fortement et le plus largement accidenté le sol de l'Europe.

On peut inférer de là que, en limitant d'une manière générale à 20° (10° de part et d'autre du *grand cercle de comparaison*) la largeur d'un système de montagnes, l'auteur de la *Notice* ne l'a pas restreinte outre mesure. Les rapprochements établis entre des chaînes de montagnes plus éloignées les unes des autres, dans le sens transversal à leur direction, peuvent donc inspirer de la défiance et ne doivent être admis qu'avec réserve. Il est difficile,

néanmoins, de rien prononcer d'absolu à cet égard, et certains rapprochements, qui étendraient exceptionnellement jusqu'à 20° du grand cercle de comparaison l'influence d'un système de montagnes, se sont présentés quelquefois d'une manière assez naturelle[1].

Le plexus compliqué que forment les accidents stratigraphiques figurés sur la carte géologique du département de la Haute-Marne n'a pas été produit d'un seul jet; mais, le sol étant composé presque exclusivement par le terrain jurassique, les données manquent en partie pour établir d'une manière précise le nombre et la date géologique des époques de bouleversement qu'il y aurait lieu d'y distinguer.

L'auteur, en tenant compte des deux cas notés comme douteux, a été conduit à établir des rapprochements, sous le rapport des directions observées, entre les accidents stratigraphiques et dix-huit systèmes de montagnes, dont six interviennent à la fois par leur direction propre et par celle de leur perpendiculaire. Parmi ces dix-huit systèmes, il y en a huit, savoir, les systèmes du Finistère, du Morbihan, du Hundsrück, des Ballons, du Forez, du Rhin, du Thüringerwald, du mont Seny, qui sont antérieurs à la partie moyenne du terrain jurassique. Or, comme tous les accidents stratigraphiques du département de la Haute-Marne affectent les couches jurassiques, ces huit systèmes, ou du moins les sept premiers, n'ont pu y manifester leur existence qu'en se reproduisant postérieurement à leur première origine, par le contre-coup de dislocations plus récentes, phénomènes dont plusieurs autres exemples ont été cités dans le cours de ce Rapport (p. 324, 418, 434 et autres).

Parmi les dix autres systèmes, huit sont reconnus comme postérieurs au terrain jurassique : ce sont les systèmes de la Côte-d'Or, du mont Viso, des Pyrénées, des îles de Corse et de Sardaigne, du Tatra (T*b*), du Tatra de M. Pomel (T*a*), du Sancerrois, des Alpes

[1] Voyez *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 253 et 278.

principales; et il est probable qu'il en sera de même des deux systèmes nouveaux dont l'auteur a cru discerner l'indication et qu'il a représentés, l'un par un cercle auxiliaire T*b* (TT*bbc* Hécla), homologue du système du Sancerrois, et l'autre par un cercle auxiliaire D*a* (D*ac*), homologue du système des Pays-Bas. Mais l'un des deux systèmes désignés sous le nom de Tatra devra probablement être considéré comme étranger au département de la Haute-Marne, et les fissures dirigées perpendiculairement à la direction du système des îles de Corse et de Sardaigne, s'il en existe réellement dans ce département, où elles ne sont indiquées que par l'un des trois rapprochements numériques auxquels se prête l'orientation observée E. 3° N., pourraient n'être qu'une déviation des accidents d'un système plus moderne. Cela réduirait à *six* les systèmes de montagnes antérieurement connus dont on pourrait assurer, dès aujourd'hui, qu'ils ont joué un rôle direct dans la formation du relief extérieur du département de la Haute-Marne, savoir : 1° le système de la Côte-d'Or, qui paraît avoir joué un rôle considérable dans cette contrée et avoir occasionné la reproduction des accidents de plusieurs systèmes plus anciens, notamment de ceux du Hundsrück et du Rhin; 2° le système du mont Viso, dont le rôle a été considérable aussi et qui a occasionné de son côté la reproduction des accidents de plusieurs systèmes plus anciens, tels que ceux du Morbihan, du Rhin, du Forez et même du système de la Côte-d'Or; car on voit vers Joinville et Saint-Dizier des failles ayant l'orientation des systèmes du Rhin et de la Côte-d'Or affecter le terrain néocomien et peut-être même le grès vert et le gault; 3° le système des Pyrénées, dont l'influence dans la Haute-Marne a été moins étendue; 4° le système du Tatra, dont l'action s'est surtout exercée dans la partie S.-E. du département, en contribuant à produire le singulier plexus de failles qui s'étend, au midi de Buxières-lez-Belmont, de Charme-Saint-Valbert à Chassigny, à Grancey et au delà; 5° le système du Sancerrois, dont l'action a été très-restreinte; 6° enfin le système des Alpes princi-

pales, auquel se rapporte notamment le grand accident stratigraphique que M. de Chancourtois a tracé aux environs de Chalindrey et qui limite au S.-S.-E. la montagne de Langres.

Dans l'opinion de M. Élie de Beaumont, cet accident stratigraphique aurait complété le relief du département de la Haute-Marne en séparant le bassin de la Bresse de celui dans lequel se sont déposés des terrains analogues à celui de la Bresse, aux environs de Saint-Dizier, de Sainte-Menehould, etc.

Le système des Alpes principales aurait ainsi joué dans le département de la Haute-Marne un des rôles prépondérants. Il aurait remis en jeu beaucoup d'accidents stratigraphiques produits par les systèmes antérieurs et y aurait rendu les dénivellations plus sensibles. Son action, superposée à celle du système de la Côte-d'Or, aurait créé le seuil continental qui sépare le bassin de la Méditerranée de celui de l'Océan.

La configuration qu'il a imprimée au sol se serait conservée sans altération si les phénomènes diluviens qui sont survenus subséquemment ne l'avaient modifiée en produisant des dénudations considérables et en creusant ou façonnant les vallées, dans lesquelles leurs effets, qui semblent dater d'hier, sont souvent très-remarquables et très-frappants.

La faiblesse du relief que les actions superposées de plusieurs systèmes de montagnes ont donné au sol du département de la Haute-Marne rend souvent difficile d'assigner à chacun de ces systèmes la part qui lui appartient; mais il est beaucoup moins difficile de constater l'influence qu'exercent sur la topographie les différents accidents stratigraphiques auxquels se rapportent les seize orientations observées de la rose de Buxières-lez-Belmont. Dans la contrée où il se trouve, chacun de ces accidents stratigraphiques se lie intimement aux accidents topographiques dont il est la clef et qui le plus souvent l'ont fait découvrir; mais généralement il ne s'arrête pas là. On n'a tracé chaque accident stratigraphique, faille, inflexion des couches, etc., que dans la partie

où il est visible : leur influence s'étend cependant beaucoup plus loin.

Il suffit en effet, le plus souvent, de placer une règle le long de la ligne qui représente l'un d'eux, pour constater que sa prolongation passe avec une certaine affectation, d'une manière au moins très-approximative, par un certain nombre d'accidents géologiques, orographiques ou hydrographiques. On trouvera même que certaines lignes stratigraphiques semblablement orientées, tracées dans différentes parties du département, sont sensiblement dans le prolongement l'une de l'autre. On les aurait en effet tracées d'une manière continue, dans tout l'espace intermédiaire, si on n'avait jugé plus convenable de ne les figurer que là où elles répondaient à des accidents géologiques apparents à la surface du sol.

Ces fractures rectilignes se sont quelquefois ajustées plusieurs ensemble pour constituer une ligne brisée plus ou moins serpentante, d'une longueur considérable, le long de laquelle s'est produite, probablement d'un seul jet, une crête sinueuse, interrompue seulement par quelques fractures transversales, dont plusieurs donnent passage à des cours d'eau. On voit un très-bel exemple de ce phénomène dans le midi du département de la Haute-Marne, où une ligne de ce genre s'étend de Charmes-Saint-Valbert à Grancey, sur une longueur de 52 kilomètres. D'autres se présentent sur les bords de la Marne, entre Joinville et Saint-Dizier, et ailleurs encore.

Les crêtes dont je parle, n'étant pas rectilignes, peuvent sans doute être représentées approximativement par des courbes; mais, en principe, elles se rapportent à des lignes brisées et non à des courbes continues. Ce qui le prouve, c'est qu'on peut suivre, jusqu'à des distances souvent considérables, les directions des éléments rectilignes dont elles se composent, comme on le voit notamment pour la faille en ligne brisée des environs de Chatonrupt, au nord de Joinville. Ces prolongations sont jalonnées par des accidents naturels, comme le sont toutes les lignes dont je viens de parler. J'ai déjà

signalé le même fait pages 399 et 456, en parlant de différentes chaînes de montagnes[1]. Les lignes courbes par lesquelles des géologues éminents se sont quelquefois bornés à représenter les axes des chaînes de montagnes et d'autres accidents géologiques de moindre importance n'expriment donc qu'un aperçu superficiel de leur configuration extérieure. Ce procédé expéditif, déjà fort ancien, ne peut être compté au nombre des progrès récents de la stratigraphie.

Indépendamment des lignes dont un tronçon au moins a été figuré sur la carte géologique de la Haute-Marne, comme représentant un accident stratigraphique observable directement, il en existe d'autres, parallèles aux premières, qui ont, comme celles-ci, la propriété de passer par des points définissables en plus ou moins grand nombre. Chacune de ces lignes pourrait devenir l'objet d'une monographie analogue à celles que j'ai données, dans le cours de ce Rapport, pour un grand nombre de cercles du réseau pentagonal. Beaucoup de points définissables sont à la fois sur plusieurs de ces lignes et se trouvent, par conséquent, à leurs points de croisement.

Chacune de ces lignes représente probablement une fissure ou une inflexion des couches qui ne se révèle pas à la surface parce qu'elle n'a pas produit de dénivellation bien sensible, mais qui n'en exerce pas moins son influence sur les cours d'eau et sur beaucoup d'accidents topographiques.

Souvent ces mêmes lignes coïncident approximativement avec les limites des formations géologiques et avec les contours des coteaux où celles-ci se terminent, de même qu'avec les vallées. Cette dernière circonstance est très-naturelle, car les contours des coteaux que forment les différentes formations résultent des phénomènes de dénudation qui ont détruit une partie de ces formations et les ont réduites à l'étendue qu'elles occupent aujourd'hui, en arrêtant leur action à certaines fissures ou autres lignes d'accidents;

[1] Voyez à ce sujet la *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 1257.

et ces mêmes lignes, comme je l'ai indiqué précédemment, ont joué un rôle prépondérant dans le creusement des vallées. Les courants d'eau, les courants diluviens, qui ont été les agents principaux des phénomènes de dénudation et du creusement des vallées, ont émoussé certains angles et arrondi certains contours; le reste se coordonne aux lignes que je viens de signaler.

Toutes ces lignes réunies aux cercles du réseau pentagonal, dont elles suivent les allures, constituent le *quinconce pentagonal*, qui est la clef et le canevas fondamental de la topographie.

Ces remarques s'appliquent à la surface entière du globe. Chaque fois qu'on regarde une carte géographique levée rigoureusement, on voit s'y dessiner beaucoup de lignes droites constituant diverses figures géométriques, des triangles, des losanges, des trapèzes et d'autres polygones plus compliqués, souvent même dentelés. Ce fait, que M. Pissis a remarqué depuis longtemps avec beaucoup de justesse dans les formes générales des continents[1], s'observe en petit, jusque dans les détails de la topographie, tout aussi bien qu'en grand. Toutes ces lignes droites dérivent des lignes de fissures ou autres accidents géologiques dont je viens de parler, et tous les angles de ces figures variées sont des points du *quinconce pentagonal*.

Les points caractérisés que j'ai cités, en suivant le cours des cercles du réseau pentagonal, sont des individualités particulières dans ce vaste ensemble de points définis.

On peut dessiner des figures variées pour ainsi dire à l'infini, en plaçant *ad libitum* différentes pièces d'un jeu d'échecs sur les cases d'un échiquier. Toutes ces figures sont nécessairement subordonnées au canevas rectangulaire de l'échiquier, et tous leurs angles coïncident avec les intersections des lignes qui passent par les centres des cases. Les configurations géographiques se rapportent de la même manière au *quinconce pentagonal*, dont le plan

[1] *Bulletin de la Société géologique de France*, 2e série, t. V, p. 453.

est seulement beaucoup plus riche et beaucoup plus varié que le plan si simple d'un échiquier.

M. de Villeneuve, dans six mémoires pleins de verve et d'originalité qu'il a présentés successivement à l'Académie des sciences et qui ont été insérés par extraits dans les *Comptes rendus*, a exposé des vues nouvelles qui se rapportent au même ordre d'idées.

S'appuyant sur le principe que l'angle formé par deux grands cercles a pour mesure l'arc qu'ils comprennent sur un troisième grand cercle dont leur point d'intersection est le pôle, M. de Villeneuve fait remarquer[1] que les lois angulaires des systèmes de montagnes formulées par M. Élie de Beaumont doivent, sur une sphère, à 90 degrés de distance du point de départ, aboutir à des relations de longueur.

C'est là en effet, dit-il, ce que lui ont permis de constater ses recherches sur le développement des bassins géologiques et des lignes de thalweg.

Les îles de Corse et de Sardaigne, placées au milieu de la Méditerranée, ont semblé à M. de Villeneuve l'étalon naturellement indiqué pour comparer les distances ou les longueurs des axes géologiques dans les contrées circonvoisines.

L'axe des terrains primitifs de la Corse et de la Sardaigne a 3°46′ de longueur. On le mesure du cap Spartivento, extrémité méridionale des roches primitives de la Sardaigne, à la baie d'Ostriconi, extrémité septentrionale de celles de la Corse. L'axe total de la Corse et de la Sardaigne offre près de $\frac{1}{2}$ degré en sus, ou 4°10′, du cap Teulade (Sardaigne) au cap Corse; les subdivisions de cet axe sont : la longueur de la Sardaigne, 2°33′; la longueur de la Corse, 1° 37′.

La longueur des terrains primitifs des Pyrénées, du granite du cap Creus à celui de Salin; le développement des granites de la Bretagne, de Saint-Maixent aux rivages granitiques de Kersant,

[1] Recherches sur les rapports de la géologie et de l'hydrographie. (*Comptes rendus*, t. XLVI, p. 618, séance du 29 mars 1858.)

d'Aurigny et de Barfleur, répètent la longueur de l'axe primitif Corse et Sardaigne; tandis que, des granites des environs de Saint-Tropez, en Provence, à ceux de la baie de Cancale, on trouve que l'ensemble de la ligne granitique de la France offre deux fois cette longueur.

L'axe de la Sardaigne, principal élément de l'unité géologique de M. de Villeneuve, se répète en deux sens, du nord au sud et de l'est à l'ouest, sur le plateau central de la France.

Les éléments des distances de Corse et Sardaigne paraissent dérivés, dit M. de Villeneuve, des groupes volcaniques, soit dans la série des volcans actifs, soit dans les groupes de volcans éteints. La longueur Corse et Sardaigne se retrouve dans la distance qui sépare le volcan sous-marin de l'île Julia du Vésuve. L'axe Corse répété deux fois est la distance de la bouche du Vésuve à celle de l'Etna, et l'axe Sardaigne est répété par les distances respectives du Vésuve et de Julia aux îles Éoliennes.

Les mêmes lois de longueur se reflètent, dit M. de Villeneuve, dans les lignes qui joignent les grands points thalweg. Ainsi la longueur de la chaîne des lacs, de Genève à Guarda, est, comme la distance du Vésuve à l'Etna, double de l'axe Corse. Le milieu de cette série lacustre est occupé par le lac Majeur. Du lac de Guarda à celui de Constance et de ce dernier à Genève, on retrouve encore une même longueur; c'est l'axe de la Sardaigne.

Les bassins de combustibles satisfont aux mêmes conditions. L'axe de la Corse correspond aux distances qui séparent le bassin de Sarrebruck de celui des Pays-Bas, le bassin houiller de Saint-Étienne de celui d'Alais ou de celui du Creuzot. La plus grande distance des gîtes houillers de la France, du nord-nord-est au sud-sud-ouest, ou du nord au sud, est, en partant de Liége pour aller vers les petits bassins de Toulon et de Durban, de deux axes Corse et Sardaigne. Le milieu de cet intervalle est occupé par les bassins de Saône-et-Loire.

Les sédiments géologiques du trias, de la Provence aux Vosges,

sont séparés aussi par un axe primitif Corse et Sardaigne. Mêmes conditions pour la distribution du lias de l'Ardenne à celui de Bourbon-l'Archambault, aux deux extrémités du plus grand dépôt jurassique de la France.

Les bassins tertiaires de l'Aude et de la Garonne; du Rhin, de Neufchâtel à Wetzlar; du Rhône, de Gray aux Martigues, offrent dans leur longueur maximum l'axe total Corse et Sardaigne. Le bassin parisien, de Fécamp à Joigny, offre l'axe de la Sardaigne, tandis que la distance du grès vert de l'île de Wight à celui de Fécamp, est sur le prolongement de la même direction, égale à l'axe Corse.

Ainsi, dit M. de Villeneuve, les sédiments offrent la répétition des lois de longueur que nous avaient montrées les terrains cristallisés et les centres volcaniques; on retrouve les mêmes lois dans les thalwegs des fleuves et la longueur des rivages de la Méditerranée.

Dans un second mémoire intitulé *Études sur la structure de l'écorce terrestre*[1], où il cite encore beaucoup de faits analogues aux précédents, mais que je ne puis reproduire ici, M. de Villeneuve établit que les longueurs de la Corse et de la Sardaigne sont liées par une loi géométrique.

La Sardaigne est le côté du triangle équilatéral inscrit dans un cercle dont le rayon serait la longueur du terrain primitif de la Corse, et le terrain primitif de la Corse dérive de la même manière de la longueur totale du demi-diamètre longitudinal de la Corse.

Enfin la longueur totale des deux îles dérive encore, de la même manière, d'un triangle équilatéral inscrit dans le cercle dont le rayon est la Sardaigne elle-même.

Ces dérivations, par générations successives de triangles équilatéraux dont le côté du triangle équilatéral précédent devient le

[1] *Comptes rendus*, t. LIV, p. 200, séance du 27 janvier 1862.

rayon, se dessinent par des *nœuds*, des *sutures* ou des solutions de continuité. Le détroit de Bonifacio est placé aux $\frac{4}{10}$ de la longueur totale des deux îles, en partant du cap Corse. En langage algébrique, si la Corse avec la Sardaigne est 1, la Sardaigne sera $\frac{1}{\sqrt{3}}$, la Corse $\frac{1}{1+\sqrt{3}}$, et le détroit de Bonifacio sera placé entre $1 - \frac{1}{\sqrt{3}}$ et $\frac{1}{1+\sqrt{3}}$, ce qui reproduit à peu près les $\frac{4}{10}$ de la longueur.

La séparation des masses des deux îles produite par le détroit est le trait principal, l'accident le plus remarquable de leur forme. Ce trait de discontinuité, cette faille séparative se reproduit, dit M. de Villeneuve, dans les chaînes de montagnes, dans les rivages des mers et des lacs, dans les bassins houillers et sédimentaires, dans les groupes de sources *thermales*, dans les sources ordinaires et dans les filons; tous les gisements portent la forte empreinte de cette loi de coordination.

Dans sa troisième communication, intitulée *Mémoire sur la structure de l'écorce terrestre*, M. de Villeneuve retrouve cette même loi[1] dans les subdivisions des thalwegs des bassins hydrographiques. Définissant l'*axe fluvial* principal d'un bassin la plus longue ligne droite qu'on puisse y tracer, il trouve que dans le bassin de la Seine, où l'extrême embouchure est le cap la Hève, le point de départ le plus éloigné est le faîte du plateau de Langres. Le principal accident du bassin est le confluent de la Seine et de la Marne à Charenton, près Paris, et les distances de ce point au plateau de Langres et à la Hève sont comme 102 à 75, c'est-à-dire presque rigoureusement comme $\frac{1}{\sqrt{3}}$ à $1 - \frac{1}{\sqrt{3}}$.

Pour le cours du Danube, dont l'accident principal est le confluent de la Save à Belgrade, les distances de ce point à la source et à l'embouchure du fleuve reproduisent le même rapport de $\frac{1}{\sqrt{3}}$ à $1 - \frac{1}{\sqrt{3}}$.

[1] *Comptes rendus*, t. LIV, p. 362, séance du 17 février 1862.

Les autres fleuves de l'Europe, la Garonne, la Loire, le Rhône, le Tage, l'Elbe, le Rhin, satisfont aussi à la formule.

Dans ses *Études* déjà citées *sur la structure du globe terrestre*[1], M. de Villeneuve appliquait déjà le même ordre de considérations aux grands traits de la configuration du globe, et il y signalait des rapports très-curieux dont je ne puis indiquer qu'une faible partie.

Les plus grands développements des masses continentales se dessinent, dit l'auteur, des deux côtés du détroit de Behring. L'ancien monde, mesuré par l'arc, de Behring au cap de Bonne-Espérance, et le nouveau monde, de Behring au cap Horn, donnent 147° 56′ et 143° 35′, arcs dont les compléments à 360 degrés sont les $\frac{61}{100}$ et les $\frac{60}{100}$ de la circonférence totale, ce qui reproduit approximativement entre les deux parties le rapport de $1 - \frac{1}{\sqrt{3}}$ à $\frac{1}{\sqrt{3}}$.

Considérés à part, les axes des deux grandes masses continentales offrent dans leurs isthmes la même loi de subdivision et de suture que la Corse et la Sardaigne. Les isthmes de Suez et de Panama sont sur un même parallèle dont le centre est à Behring et dont la longueur du rayon est la fraction $\frac{1}{\sqrt{3}}$, ou 0,57735, des axes des masses continentales.

De cette loi vérifiée sur l'ensemble du globe et sur des bassins de toutes les grandeurs, on peut, dit M. de Villeneuve à la fin du troisième mémoire[2], descendre dans les détails des gisements exploités, et trouver ainsi un nouveau guide dans les recherches et la mise à profit des masses minérales.

Dans un mémoire subséquent *sur les causes de l'harmonie des formes terrestres*[3], M. de Villeneuve, après avoir cherché à établir par les traits dominants de la géographie qu'il y a une remarquable symétrie dans les longueurs des axes des fleuves, des montagnes, des

[1] *Comptes rendus*, t. LIV, p. 201.
[2] *Comptes rendus*, t. LIV, p. 365.
[3] *Comptes rendus*, t. LXI, p. 15, séance du 3 juillet 1865.

continents et dans leurs subdivisions; que cette symétrie est, sur un corps sphérique tel que la terre, une confirmation de la symétrie des directions signalée par M. Élie de Beaumont, remonte à la cause de cette double symétrie des angles et des dimensions, et en montre l'origine dans la subdivision harmonique des corps agités par des vibrations prolongées.

Après avoir, dans ce mémoire et dans le suivant, *sur les vibrations terrestres*[1], consacré à ces vibrations, qui ne sont autre chose que les tremblements de terre, des remarques qui se rapportent à la mécanique plutôt qu'à la stratigraphie, M. de Villeneuve conclut en disant : « Les tremblements de terre sont *perpétuels;* leurs lois de propagation sont identiques à celle des vibrations sonores. La *régulière* distribution des *lignes nodales* et des *ventres* de vibration observés sur des plaques vibrantes se doit appliquer à la terre; » et dans le sixième mémoire, consacré aux *lois des deltas*[2], il insiste de nouveau sur les lois de subdivisions régulières causées par les vibrations de la terre.

Les six mémoires de M. de Villeneuve, dont ce qui précède ne peut donner qu'une idée extrêmement sommaire, contiennent la substance d'un important ouvrage dont on doit désirer que la publication ne se fasse pas trop longtemps attendre. L'auteur y a répandu une foule de remarques des plus curieuses sur les rapports de longueur et de position d'un grand nombre de lignes et de points de la surface terrestre. Par les vues neuves et originales qui y seront répandues, cet ouvrage concourra, avec le réseau pentagonal, à montrer que la plupart des points remarquables de la surface du globe sont soumis dans leurs positions à des lois mathématiques, et que la *stratigraphie* est une science dont l'objet est presque complétement indépendant des caprices du hasard.

[1] *Comptes rendus*, t. LXI, p. 289, séance du 14 août 1865.

[2] *Comptes rendus*, t. LXV, p. 287, séance du 12 août 1867.

APPLICATIONS DU RÉSEAU PENTAGONAL À LA DISTRIBUTION DES SUBSTANCES MINÉRALES.

Ce n'est pas seulement sur la configuration extérieure du sol que les lignes du *quinconce pentagonal* exercent leur influence; elles en exercent une plus directe encore sur sa structure intérieure. Comme on l'a déjà indiqué précédemment, elles président au cours des eaux intérieures qui forment les sources ordinaires, au cours des sources minérales et thermales, enfin elles ont régi les cours de toutes les émanations liquides, gazeuses ou même fondues, qui, dans le laps des âges, ont amené de l'intérieur à la surface du globe cette variété infinie de substances qui constituent la plus grande partie de la richesse minérale.

M. de Chancourtois a fait une application aussi neuve qu'ingénieuse de ce principe aux minerais de fer du département de la Haute-Marne. Il l'a développée dans un mémoire qui a été inséré par extrait dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*[1] et imprimé *in extenso* dans les *Études stratigraphiques sur le département de la Haute-Marne*, qu'il a publiées de concert avec M. Élie de Beaumont.

Suivant M. de Chancourtois, les minières de fer figurées sur la carte géologique de la Haute-Marne, d'après le relevé de M. Duhamel, s'alignent sur des directions qui concordent exactement avec celles des failles et des autres accidents géologiques. Ce fait, dont on se convaincra facilement par la simple inspection des alignements tracés en rouge par M. de Chancourtois sur la carte de la Haute-Marne, a une grande importance au point de vue pratique, puisqu'il fournit un principe pour la recherche des nouveaux gîtes que l'on doit espérer de rencontrer sur les lignes jalonnées par les gîtes connus, dans les directions fixées, et particulièrement aux inter-

[1] *Comptes rendus*, t. LI, p. 414, séance du 10 septembre 1860, et t. LV, p. 312, séance du 18 août 1862.

sections de ces lignes. La concordance parfaite, par coïncidence ou parallélisme, des alignements des gîtes minéraux et des directions des failles, est frappante, mais toute naturelle, les minerais de fer étant des produits d'émanation qui doivent se trouver nécessairement sur les lignes de fissure de l'écorce terrestre, et surtout aux croisements. On peut seulement s'étonner que la remarque n'en ait pas été faite plus tôt.

Mais il faut noter avec intérêt la présence parmi les alignements de directions diverses propres à des systèmes de soulèvement plus ou moins antérieurs aux terrains qui comprennent les gîtes, par exemple de la direction du système du Rhin, très-fréquente dans les minerais du terrain néocomien. C'est là une preuve manifeste de la persistance ou de la réouverture des anciennes fractures. Et quoi de plus simple, dit M. de Chancourtois? Les assises des terrains stratifiés ne sont-elles pas assez exactement aux fissures d'émanation ce que les couches de badigeon sont aux lézardes d'un mur recrépi?

Une autre preuve du même phénomène résulte de la distribution sur une même ligne de divers gîtes compris dans des terrains différents. On voit, par exemple, sur une ligne S.-E.-N.-O., qui part des minières de Nijon, près Bourmont, une série de gîtes compris dans les différents étages des terrains jurassiques et crétacés, ou au moins reposant sur ces étages en relation intime. Je touche là, dit toujours M. de Chancourtois[1], un point délicat, et je dois prévenir une objection.

Parmi les gîtes signalés sur la carte, il y en a de notoirement interstratifiés dans les terrains, comme les gîtes néocomiens; d'autres sont superficiels et appelés, par certains géologues, d'alluvion ou de remaniement, parce qu'on les a considérés comme résultant de la destruction d'un étage supérieur à celui sur lequel ils reposent.

[1] *Comptes rendus*, t. LI, p. 415, séance du 10 sept. 1860.

N'aurait-il pas fallu distraire ces gîtes avant de tracer les alignements, pour ne faire porter ceux-ci que sur des gîtes de minerais géodiques ou en poches, c'est-à-dire sur des gîtes franchement adventifs?

M. de Chancourtois ne le pense pas; il croit, au contraire, et je partage son opinion, que la régularité même du réseau d'alignements établi sur l'ensemble des gîtes, sans distinction, conduit à une proposition assez importante, savoir : que les dépôts de minerais de fer, alors même qu'ils se présentent interstratifiés, sont essentiellement locaux, et correspondent avec précision aux points de bâillement des fissures inférieures.

M. Élie de Beaumont avait fixé depuis longtemps des directions d'alignement pour les amas gypseux des marnes irisées. Le tracé des alignements de ces amas dans la Haute-Marne est venu confirmer pleinement les anciennes déterminations, et, chose à noter, plusieurs lignes sont communes au gypse et au minerai de fer. Les sources minérales et les dépôts de tuf servent aussi de jalons.

M. de Chancourtois a reconnu que les seize orientations dont se compose la *rose des orientations observées* de Buxières-lez-Belmont n'étaient pas les seules que l'on dût considérer. Il y a joint celles des cercles qui lui ont paru les plus importants à essayer et dont quelques-uns n'ont même échappé, dans les observations sur les accidents purement stratigraphiques de la Haute-Marne, que parce qu'ils ne se manifestaient pas par les phénomènes de failles avec dénivellation qui ont d'abord appelé l'attention sur les premiers.

La série des cercles mis ainsi en expérience en comprend donc vingt-cinq, pour lesquels M. de Chancourtois a adopté les orientations calculées, consignées dans le tableau déjà cité de M. Élie de Beaumont. Toutes ces directions, essayées non-seulement dans le département de la Haute-Marne, mais dans toute la région N.-E. de la France, à laquelle l'habile ingénieur a étendu son exploration, lui ont paru mériter d'être prises en considération, et la plupart s'appliquent d'une manière remarquable aux points d'ex-

ploitation du fer, dont le nombre est d'environ 750 dans la partie N.-E. de la France. Ils s'appliquent en même temps aux accidents géographiques et géologiques. J'en citerai seulement quelques exemples, qui suffiront pour donner au lecteur une idée du travail très-étendu de M. de Chancourtois, et pour montrer que le procédé qui consiste à suivre une ligne droite et à en faire une sorte de monographie, en notant tous les points remarquables qu'elle rencontre ou dont elle s'approche, s'est présenté à plus d'un explorateur.

Un bon type de la direction importante *Minorque-Norvége* (hexatétraédrique H*aa*, N. 0°26′ E.) est offert, dit M. de Chancourtois[1], par la ligne qui, partant des minières de Laharmand, près de Chaumont, rencontre au N. celles de Chatonrupt, d'Aulnois, de Fains, puis encore trois minières dans les Ardennes. Une ligne parallèle, qui en est presque le prolongement, passe à deux minières de la Côte-d'Or et aboutit dans l'Isère au gîte de la Verpillière.

On peut prendre pour type de la direction du *Vercors* (trapézoédrique T*a*, N. 7°8′ E.) l'alignement qui, du gîte de Villebois (Ain) au groupe d'Hayange, près de Thionville, s'appuie sur dix points en marquant le cours de la Moselle aux coudes situés au-dessous de Toul et au-dessus de Metz, et réglant de ce côté le contour du lias.

Une des lignes les plus frappantes de la direction du système du *Rhin* (primitif de la Nouvelle-Zemble, N. 18°37′ E.) part des mines de Saint-Pancré (Moselle), passe dans la Haute-Marne aux minières de Nant-le-Grand, de Chatonrupt, de Nomecourt, de Latrecey, et atteint celles de Perrecy (Saône-et-Loire). Elle forme à peu près l'axe d'un faisceau, où on peut noter, entre autres lignes, celle qui réunit les minières de Montgérard (Haute-Marne) à cinq autres points. Parmi les alignements de l'E., qui sont très-bien marqués, M. de Chancourtois cite une ligne qui, bien appuyée

[1] *Comptes rendus*, t. LV, p. 313, séance du 18 août 1862.

dans la région des Vosges et passant par la minière d'Audincourt, va ensuite rencontrer les sources minérales d'Aix-en-Savoie ; puis encore l'axe principal de la vallée du Rhin, qui, après avoir longé le cours moyen du fleuve, atteint le petit groupe de minières au sud d'Altkirch, placé absolument comme un point sur un *i*, et arrive enfin aux mines d'Allevard.

La direction du système des *Alpes occidentales* (diamétral D*c*, N. 26°52′ E.) fournit, pour ne citer qu'un exemple, un alignement joignant les minières d'Aumetz et d'Audun-le-Tiche (Moselle), où les plans détaillés de M. Jacquot l'accusent d'ailleurs très-nettement, aux exploitations voisines du Donjon (Allier), passant par les minières de Thonnanges, de Fée (Haute-Marne), et par le gîte de la Roche-Millay, en Morvan.

M. de Chancourtois donne comme type de la direction du système de la *Côte-d'Or* (diamétral D*ac*, E. 42°7′ N.) une ligne qui joint l'exploitation d'Avèze (Puy-de-Dôme) à la minière marquée près de Haguenau (Bas-Rhin), en passant par le gîte de Nolay, trois points de la Franche-Comté et deux dépendant du groupe de Framont. Parmi plus de cinquante alignements de cette direction l'auteur cite encore le faisceau qui, appuyé sur les groupes d'Allevard et de Vizille, s'applique aux principales crêtes des massifs du mont Blanc et de l'Oberland.

La direction du système du *Hundsrück* (trapézoédrique T*c*, E. 32°2′ N.), très-accusée dans les groupes du nord et bien visible dans les plans des minières de Saint-Pancré, donne une ligne parfaitement jalonnée allant des minières de Narcy aux gîtes du Creutzwald.

Celle du système des *Alpes principales* (hexatétraédrique H*baab*, E. 16°52′ N.), déjà sensible dans le nord, est parfaitement marquée par une ligne partant des minières de Poissons (Haute-Marne), par une autre qui joint le groupe de Château-Villain à celui de Framont, en passant par Nijon, et enfin par le faisceau des gîtes de Villebois, qui s'applique d'une manière frappante dans les Alpes,

au delà du Saint-Gothard, aboutissant du côté opposé aux gîtes de l'Auvergne, entre Pléaux et Bort.

La direction du système des *Ballons* (diamétral TD*b*, E. 14° 3′ S.), bien marquée par plusieurs lignes partant des Vosges, s'observe encore, par exemple, dans le Morvan, du gîte de Nolay à celui d'Arleuf.

Celle du système des *Pyrénées* (octaédrique du mont Sinaï, E. 18° 54′ S.) est particulièrement représentée par un faisceau dont une ligne, réunissant les minières de Rimaucourt à celles de Nijon, dans la Haute-Marne, et à un point du groupe de Thann et Guebwiller, va passer à Montmartre, et forme en quelque sorte l'axe des gypses parisiens.

Pour la direction très-importante et très-générale du système du *Morbihan* (trapézoédrique TI*a*, S. 47° 47′ E.), M. de Chancourtois cite l'alignement qui joint cinq points des gîtes de la Moselle à un point des gîtes de Framont, et la ligne qui, passant par les minières voisines de Prauthoy (Haute-Marne) et jalonnée par huit points, trace exactement la grande cluse d'Ornans (Jura); puis le faisceau appuyé près de Joinville, dont une ligne passe par les gîtes pyriteux des lignites du Soissonnais.

Enfin la direction du système du *mont Viso* (trapézoédrique TI, S. 23° 43′ E.), très-importante aussi, notamment au point de vue de la détermination des sillons de rivières dans le nord, est très-bien représentée par un alignement de douze points, depuis le groupe du Hainaut jusqu'au gîte de Métabief dans le Jura, qui passe par les minières de Poissons, près de Joinville, et aboutit d'ailleurs au massif serpentineux le plus important des Alpes piémontaises.

Toute personne qui aura suivi sur la carte les itinéraires dont M. de Chancourtois a donné, dans les extraits reproduits ci-dessus, quelques spécimens abrégés, et qu'il a multipliés et développés avec beaucoup plus de détail dans le corps de son mémoire, demeurera convaincue avec lui que les alignements jalonnés par les

minières de fer représentent, comme ceux des autres gîtes minéraux, les traces de fissures de l'écorce terrestre en concordance avec les directions des systèmes de montagnes [1].

Dans l'interprétation des faits d'alignement, dit M. de Chancourtois, on doit toujours avoir présente à la pensée la multiplicité probable des fissures parallèles le long d'un grand cercle de fracture, telle qu'elle ressort en effet de la plupart des observations de détail, comme aussi l'influence possible des croisements successifs qui, par leurs rejets, constituent, non des irrégularités, mais de véritables inégalités, dont M. Élie de Beaumont a déjà fait, à diverses reprises, pressentir la systématisation.

A quelque point de vue, à quelque échelle que l'on étudie la surface du globe, une observation attentive fait apercevoir, suivant les expressions pleines de justesse de M. de Chancourtois, les traces d'un réseau de lignes entre-croisées de directions plus ou moins nombreuses, mais nettement définissables; et ces traces régulières sont la traduction d'une sorte de *craquelé* de la croûte inférieure qui, se propageant toujours à travers les couches successives des sédiments ou des épanchements superficiels, non-seulement ouvre le passage aux émanations de la masse interne pour l'alimentation continue des dépôts des matières communes et l'accumulation adventive des matières exceptionnellement utiles, mais encore, alors même qu'il ne donne pas lieu à des arêtes saillantes par des dénivellations des compartiments, prépare, en tailladant le sol, tous les accidents du relief dont les érosions ne viennent ensuite que déblayer et modeler les contours.

On voit ainsi, ajoute encore l'auteur, se développer avec toute son importance le système des surfaces de séparation voisines de la verticale, dont la prise en considération complète la partie

[1] *Études stratigraphiques sur le département de la Haute-Marne*, essai sur la distribution des gîtes de fer et des gîtes minéraux en général par alignements parallèles aux directions des systèmes de montagnes dans le nord-est de la France, par M. de Chancourtois.

géométrique de la géognosie, désignée sous le nom de *stratigraphie*, parce qu'elle a pris naissance dans l'observation des *strates*, c'est-à-dire des masses disposées par lits horizontaux, mais en entendant toujours cette dénomination dans le sens du mot *stéréographie*[1].

Je ferai remarquer à cette occasion qu'on ne peut fixer de limite inférieure de grandeur aux parties dans lesquelles les plans de division soumis aux lois de la symétrie pentagonale ont partagé les masses minérales. Sans doute, dans une foule de cas, les changements de température, la dessiccation, certaines altérations chimiques et l'intrusion des matières éruptives ont produit dans les masses exposées à leur action des divisions qui échappent à ces lois. Fréquemment aussi des irrégularités locales ont donné naissance à des anomalies qui m'ont fait dire plus haut que, sous ce rapport, il est dangereux de chercher à pénétrer trop avant dans le domaine des infiniment petits; cependant, là où rien n'a dérangé la marche régulière des phénomènes, la symétrie pentagonale a prévalu quelquefois jusque dans des divisions presque microscopiques.

Dans deux mémoires qu'il a présentés à l'Académie des sciences au sujet du *clivage des roches*, M. Aug. Laugel[2] a analysé les lois de la division des roches schisteuses en feuillets, dont les ardoises sont le type le plus caractérisé. Réunissant les meilleures observations faites à cet égard, M. Laugel leur a appliqué les formules établies par M. Lamé dans ses leçons sur l'élasticité. Le résumé de son savant et ingénieux travail, où le calcul cadre d'une manière remarquablement précise avec les faits observés, est que les feuillets de la schistosité ardoisière sont dirigés parallèlement à l'axe du chaînon de montagnes auquel ils se rapportent; qu'ils sont verticaux quand ils se trouvent dans le plan vertical de l'axe de soulè-

[1] *Comptes rendus*, t. LV, p. 315, séance du 18 août 1862, et *Études stratigraphiques, etc.*

[2] *Comptes rendus*, t. XL, p. 182 et 978, séances des 22 janvier et 23 avril 1855.

vement; qu'ils sont de plus en plus inclinés à l'horizon à mesure que leur affleurement s'éloigne de ce plan médian du chaînon, et que leurs faces prolongées rencontrent ce même plan suivant une même droite horizontale.

On sait depuis longtemps que les plans des feuillets ardoisiers ne sont pas parallèles aux surfaces des couches, que souvent même ils les coupent à angle droit; mais, en principe, et sauf les anomalies de détail, les directions des feuillets du clivage ardoisier et celles des plans des couches sont, les unes et les autres, parallèles à l'axe de soulèvement. Les traces des plans de stratification et des plans de clivage sur un plan horizontal sont des lignes droites parallèles au *grand cercle de comparaison* de tout le système, et soumises par conséquent aux lois de la symétrie pentagonale. Les affleurements des plans des ardoises font donc partie, en thèse générale, du *quinconce pentagonal;* mais leur multiplicité fait comprendre que, comme je l'ai dit plus haut, un tracé complet du quinconce pentagonal serait non-seulement très-difficile, mais impossible à effectuer. On est obligé de se restreindre aux accidents les plus importants qui, dans beaucoup de cas, sont eux-mêmes extrêmement nombreux.

Une foule d'indices les trahissent, et les sources de toute espèce, examinées attentivement, sont soumises aux mêmes lois que les points d'émanation des substances métalliques. J'en ai déjà cité plusieurs exemples, et je puise encore le suivant dans une note de M. Dewalque sur la *distribution des sources minérales en Belgique*[1].

« Dans une excursion où j'eus l'honneur d'accompagner M. Charles Sainte-Claire Deville aux environs de Liége, ce savant géologue, dit M. Dewalque, me fit remarquer que la source chaude de Chaudfontaine et les *Pouhons* ou eaux acidulées ferrugineuses de Spa et de Malmédy se trouvaient alignées sur la même droite, ce qui semblait indiquer une ligne de dislocation. Ayant depuis lors examiné

[1] *Comptes rendus*, t. LVIII, p. 877, séance du 9 mai 1864.

ce sujet de plus près, je crois opportun de faire connaître quelques faits qui ne sont pas sans importance pour la connaissance de notre pays... » L'auteur donne pour sept de ces sources les directions et les longueurs des lignes qui les joignent les unes aux autres. La direction moyenne des alignements est d'un peu plus de 122 degrés, ce qui ne diffère que de 1 degré en moins de celle du système du Thüringerwald et du Morvan rapportée à Liége.

Ceci nous ramène à la remarque faite par M. de Chancourtois, dans le travail analysé ci-dessus, que les minerais de fer ne sont pas les seules substances adventives dont les gîtes s'alignent suivant les directions propres aux différents systèmes de montagnes. Les amas gypseux, si nombreux en Lorraine, en Alsace et en Franche-Comté, jouissent, en effet, de la même propriété, et rentrent dans la même ordonnance. Ils forment souvent des protubérances, des espèces de champignons, placés très-fréquemment aux points de rencontre de plusieurs accidents stratigraphiques, et, pour la plupart, ils représentent autant de points du *quinconce pentagonal*.

Il en est de même des masses gypseuses répandues en si grand nombre dans les Alpes, qui ont été décrites autrefois par M. Brochant de Villiers dans un de ses plus remarquables mémoires[1], et qui, depuis lors, sont devenues l'objet de plusieurs autres travaux, parmi lesquels on ne doit pas oublier la notice de Victor Jacquemont sur les gypses du val Canaria[2]. La ligne des gypses, des dolomies et des gîtes de cristaux du Saint-Gothard et sa prolongation en Valais (Binn, Tourtemagne, Pfynn) ont fourni à M. Élie de Beaumont l'une des premières données qu'il a employées pour fixer la direction du système de la chaîne principale des Alpes[3]. Les amas de gypses salifères répandus sur le versant septentrional des Alpes, depuis le lac de Genève jusqu'au lac de Hallstadt, y jalonnent des lignes

[1] *Annales des Mines*, 1re série, t. II, p. 257 (1817).

[2] *Annales des sciences naturelles*, 1re série, t. III, p. 87 (1824).

[3] Recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe. (*Annales des sciences naturelles*, 1830, t. XIX, p. 208.)

appartenant au même système. Les gypses du Dauphiné, fréquemment accompagnés de masses éruptives de variolites du drac, s'alignent à la fois suivant la direction du système des Alpes occidentales et suivant celles des autres systèmes qui accidentent la contrée. Les nombreux amas de gypse de la Provence présentent une disposition du même genre, signalée récemment encore par M. de Villeneuve, dans un ouvrage déjà cité[1], où il fait connaître aussi les alignements multipliés et entre-croisés que jalonnent les belles sources qui sont un des ornements et des priviléges de cette contrée.

Il en est de même des amas de gypse et de sel gemme, accompagnés fréquemment de sources salées et souvent annexés à des masses d'ophite, qui existent en grand nombre dans les Pyrénées et dans une partie de l'Espagne. Ces gîtes remarquables s'alignent à la fois suivant la direction du système des Pyrénées (*octaédrique* du mont Sinaï) et suivant celle du système des Alpes principales (*hexa-tétraédrique* H*baab*). Des masses d'ophite sans nombre, disait l'auteur de la *Notice sur les systèmes de montagnes*[2], perçant le sol de toutes parts, y ont relevé autour d'elles tous les dépôts de sédiment. Ces ophites, dont M. Dufrénoy a montré depuis longtemps que le soulèvement est indépendant de celui de la masse des Pyrénées, se sont souvent alignés par files qui suivent les directions de toutes les *anciennes fractures, de tous les clivages plus ou moins oblitérés* que présentait le sol qu'elles avaient à percer; mais, considérées dans leur ensemble, ces masses d'ophites, les masses de dolomie, de gypse et de sel gemme, les sources salées ou thermales qui forment en quelque sorte leur cortége, sont disposées par bandes qui, prenant naissance au milieu des corbières et des plaines ondulées de la Gascogne, s'enfoncent en Espagne parallèlement à la direction prolongée des lignes de fracture récentes qui traversent la Provence.

[1] *Description minéralogique et géologique du Var*, par M. le comte H. de Villeneuve-Flayosc, ingénieur en chef des mines. — [2] *Notice*, p. 569.

Dans les montagnes de l'Afrique septentrionale, on voit aussi s'aligner, dans une direction parallèle à celle de l'axe volcanique de la Méditerranée et du système des Alpes principales, c'est-à-dire à la direction des zones d'ophite, un grand nombre de masses de gypse et de sel gemme, des sources salées, bitumineuses et thermales, des gisements de substances métalliques, et des pitons de roches éruptives diverses.

Ce phénomène n'est pas étranger à la Sicile, que tant de liens rattachent à l'Afrique. On en trouve la preuve dans le passage suivant d'une lettre adressée à M. Dumas par M. Charles Sainte-Claire Deville[1] :

« Les émanations d'hydrogène carboné pur se trouvent à Girgenti, au milieu des marnes crétacées, le plus loin de l'Etna, sur cette ligne remarquable des grandes Alpes signalée depuis longtemps par M. Élie de Beaumont, laquelle, en disloquant le terrain subapennin, est devenue un des lieux géométriques du gypse, du soufre, du sel gemme de la Sicile, et qui, prolongée des deux côtés, par une coïncidence qui ne peut tenir du hasard, passe à l'E. quelques degrés N. par Terrapilata et le sommet de l'Etna, à l'O. quelques degrés S. par les Macalube de Girgenti et par le point à jamais célèbre de la Méditerranée qui a vu s'élever et disparaître l'île Julia.

« L'azote pur se trouve à Catane, c'est-à-dire aussi loin de l'Etna que le permet l'étendue de la Sicile, sur une ligne qui, dirigée de l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E., représente peut-être le système des Pyrénées et joint les diverses buttes basaltiques qui, comme celles de la Motta, de Valcorrente, de Paternò, limitent au S. le domaine de l'Etna et forment l'un des bords de la grande plaine de Catane. En suivant exactement cette seconde direction, vous tombez sur San-Biaggio, Paternò, c'est-à-dire sur des exhalaisons d'abord riches en azote, puis devenant presque exclusivement carboniques.

[1] *Comptes rendus*, t. XLIII, p. 367, séance du 18 août 1856.

« Une ligne exactement parallèle à cette dernière forme l'autre bord de la plaine de Catane, passe à Palagonia et au lac de Palici, puis, en se prolongeant des deux côtés, suit vers le S.-E. presque jusqu'à Syracuse les buttes basaltiques du Val di Noto, et au N.-O. va couper le premier alignement entre Castrogiovani et Caltacibetta, au nœud stratigraphique de la Sicile, et de là s'étend vers le massif nummulitique du Monte-Madonia, en épousant successivement tous les gîtes de soufre, de gypse et de sel gemme de cette région.

« Mais ce n'est pas tout. Voulez-vous joindre le lac de Palici à Paternò, vous aurez une troisième direction tout aussi remarquable que les précédentes. Celle-ci, de Paternò, ira couper le centre du Val del Bove, c'est-à-dire le centre de l'ancien Etna ; puis, après avoir traversé la chaîne la plus ancienne de la Sicile parallèlement aux côtes orientales, entre Catane et Messine, et parallèlement au système des Alpes occidentales, elle joindra les deux îlots granitiques de cette chaîne septentrionale, et entre les deux elle rencontrera, à Gesso, un petit amas de gypse. . . . Enfin toutes ces coïncidences vous sembleront plus frappantes encore, si je vous fais remarquer que les trois grandes directions sur lesquelles je viens d'attirer votre attention, et qui se reproduisent dans toute l'orographie de la Sicile, sont précisément celles qui imposent à son contour extérieur cette forme triangulaire qui lui a valu, dès l'antiquité, le nom de *Trinacria.* »

M. Charles Sainte-Claire Deville dit encore, dans son mémoire sur les émanations volcaniques[1] :

« L'une des parallèles à ce dernier alignement (Alpes occidentales), qui passe par la région centrale de la Sicile, et à l'O. de laquelle on ne trouve plus aucun accident dans cette direction, va traverser les îles de Lipari, précisément de Vulcano à Stromboli,

[1] *Bulletin de la Société géologique de France*, 2e série, t. XIV, p. 254, séance du 15 décembre 1856.

jalonnant ainsi la faille transversale dont j'ai parlé dans ma neuvième lettre à M. Élie de Beaumont, faille qui réunit à la fois les deux seuls volcans actifs du groupe et toutes les émanations isolées. . . . »

A ces remarques lumineuses, qui encadrent si nettement les gîtes de gypse et de soufre, ainsi que les points d'émanation et les points volcaniques de la Sicile, dans le *quinconce pentagonal*, M. Charles Sainte-Claire Deville en a ajouté d'autres qui y rattachent plus largement encore l'Etna et le Vésuve.

Il s'exprime en effet comme il suit dans le mémoire déjà cité [1] : « . . . Les éruptions se groupent à l'Etna autour de deux axes perpendiculaires l'un à l'autre, dont l'un coïncide avec celui de la grande dépression longitudinale qui forme le Val del Bove. Les accidents du Val del Bove lui-même, et en particulier ses nombreux filons, se coordonnent très-bien avec ces deux axes et avec deux autres lignes qui font aussi entre elles un angle droit, et dont l'une coïncide, en l'expliquant, avec la crête un peu excentrique du *Bosco della Cirrita*.

« J'ajouterai, dit M. Deville, qu'une cinquième direction réunit la grande éruption de 1669, la fissure de 1838, d'où se dégage encore aujourd'hui de l'acide carbonique, et que, prolongée au nord, elle passe au milieu des îles Éoliennes et à très-peu près au sommet du Vésuve; en d'autres termes, elle coïncide avec le système du Ténare (voir ci-dessus p. 138), et est, par conséquent, perpendiculaire à l'axe volcanique de la Méditerranée, ou au système des Alpes principales, qui ont été, tous deux déjà, signalés en Sicile et à l'Etna.

« Les faits nombreux que je viens de citer, et auxquels je pourrais en ajouter beaucoup d'autres, m'autorisent, je pense, dit M. Deville, à conclure que les accidents éruptifs de l'Etna, de la Sicile et des îles Éoliennes se coordonnent suivant neuf directions, dont six sont perpendiculaires deux à deux. »

[1] *Bulletin de la Société géologique de France*, 2e série. t. XIV. p. 276.

M. Deville conclut aussi d'une nombreuse série d'observations que le massif du Vésuve est étoilé suivant un certain nombre de fissures diamétrales dont les directions sont liées avec tous les accidents volcaniques passés et actuels de la Campanie.

M. Pissis, dont j'ai cité au commencement de ce Rapport les importantes observations sur la stratigraphie du Chili, y a constaté des faits analogues dans la disposition des volcans.

Plusieurs des principaux volcans du Chili se trouvent alignés sur la direction du *bissecteur* DH (H au N.-O. des Açores, D Chine), qui forme, d'après M. Pissis, le *grand cercle de comparaison* du système de la Cordillère de Nahuelvuta (voir ci-dessus p. 20). Ce grand cercle passe en effet par le volcan de Chilan, par un autre cône très-remarquable situé à l'O. du lac de Maule et par le volcan de Maïpo; il rencontre ensuite la chaîne granitique située à l'est de Tupungato, et pénètre dans la Confédération argentine, où il traverse des contrées dont la géologie est encore peu connue.

Les volcans de Longavi, de Cerro-Azul, du Descabezado et du Peteroa sont situés sur un arc parallèle éloigné seulement de 15 kilomètres du *grand cercle de comparaison*.

Enfin un autre arc parallèle mené par Concepcion suit, sur un espace de plus de 50 lieues, la ligne de contact du granite avec le terrain schisteux; il rencontre ensuite plusieurs affleurements granitiques dans les provinces de Santiago et d'Aconcagua, et coupe l'axe des Andes tout près du Cerro-Mercenario, où se montre encore le granite et où la chaîne des Andes éprouve une inflexion remarquable[1].

Ces faits curieux sont du nombre de ceux qui ont fait dire à M. Pissis, ainsi qu'on l'a rappelé déjà, p. 26 du Rapport, que les volcans du Chili, qui sont d'ailleurs renfermés dans la zone occupée par la chaîne principale des Andes, s'alignent entre eux par petits groupes de deux ou de trois volcans, suivant les directions d'autres

[1] *Comptes rendus*, t. LVIII, p. 125, séance du 11 janvier 1864.

systèmes plus anciens. On voit, d'après cela, que, de même que les ophites et les gypses des Pyrénées, les volcans du Chili occupent des points du *quinconce pentagonal.*

Ce genre de disposition est donc très-général. On le retrouve dans une foule de pays, où il marque d'une manière presque uniforme une très-nombreuse série de points stratigraphiques; et il y a apparence que le travail exécuté par M. de Chancourtois dans la partie N.-E. de la France, étant étendu aux différentes régions que je viens de citer, y comprendrait tous les points d'éruption et d'émanation dans une même ordonnance générale, constamment soumise aux lois de la symétrie pentagonale, représentée dans chaque pays par les orientations des systèmes de montagnes qui y ont exercé leur influence.

Mais ceci nous conduit à une application plus large et plus étonnante encore que toutes les précédentes du réseau pentagonal à une classe importante de gîtes minéraux : je fais allusion aux mémoires présentés par M. de Chancourtois à l'Académie des sciences, sur l'*Application du réseau pentagonal à la coordination des sources de pétrole et des gîtes bitumineux*[1].

Émettant le premier une remarque qui s'est présentée sous ma plume en écrivant la page 492 de ce Rapport, M. de Chancourtois, pour combattre l'idée que les substances bitumineuses seraient constamment d'origine végétale ou animale, et pour établir que les produits hydrocarburés sont en général des résultats plus ou moins directs d'émanations, a pensé qu'il donnerait une preuve convaincante de son opinion en faisant ressortir des faits d'alignement qui n'ont évidemment leur raison d'être que dans l'existence des fissures de l'écorce terrestre.

En terminant son travail sur la distribution des gîtes de fer, M. de Chancourtois avait été frappé de voir les gîtes de bitume de Seyssel et les gîtes des environs de Clermont fournir un aligne-

[1] *Comptes rendus*, t. LVII, p. 369, séance du 17 août 1863.

ment rigoureusement parallèle au système des Pays-Bas. En lisant l'intéressant rapport de M. Gauldrée-Boileau sur l'exploitation de l'huile minérale dans l'Amérique du Nord [1], il avait été frappé également de voir que les principaux gîtes des États-Unis étaient situés sur le prolongement du faisceau de fissures qui donne passage au Saint-Laurent, et il s'était bientôt aperçu que ce faisceau prolongé dans notre hémisphère allait passer à une localité célèbre par ses sources de pétrole, à la presqu'île d'Apschéron, par laquelle la chaîne du Caucase se perd dans la Caspienne, près de Bakou.

Telle a été la donnée initiale du mémoire où, en décrivant les principales lignes de grands cercles qui relient les gîtes de naphte, de pétrole et d'asphalte des diverses parties du globe, il s'est proposé d'esquisser l'application du réseau pentagonal à la coordination et par suite à la recherche des sources ou des dépôts de matières bitumineuses.

Le cercle dont M. de Chancourtois décrit le cours en première ligne est un *hexatétraédrique* H*baab*, homologue de celui de Nontron et de celui des Alpes principales, qui va du point H, voisin de Tehuantepec, au point H de la mer des Indes, en passant par le point *b*, voisin de Derbend. Ce grand cercle, suivi approximativement, comme on peut le faire sur un globe par de simples procédés graphiques, sort de l'isthme de Tehuantepec par le volcan de Tuxtla, pénètre dans la Floride par la baie de Pensacala, coupe la Kenawa en Virginie, près de Salzwerk, longe les premières rides des Alleghanys dans la région carbonifère de Pittsburg, s'appuie sur le coude du Saint-Laurent, au N.-E. de Potsdam, rase ensuite le cap Farewell du Groenland, passe aux Feroë, traverse la péninsule scandinave par Christiania et le bord du lac Wenern, rase l'île de Gothland, pénètre en Russie parallèlement au cours moyen de la Duna, passe au confluent du Donetz et du Don, au lac Bolschoï, séparation des deux Manytch, et rejoint Bakou en limi-

[1] *Annales des Mines*, 6e série, t. II, p. 95.

tant la dépression infra-océanique de la Caspienne. Il traverse ensuite le désert Salé de la Perse, dont il sort par la province de Kirman, renommée par ses sources bitumineuses, passe au milieu des Maldives, puis, revenant à Tehuantepec, est jalonné par l'île de Gallego.

Ce grand cercle, que M. de Chancourtois appelle provisoirement l'*hexatétraédrique* du Saint-Laurent et de la Duna, est à peu près l'axe du faisceau bitumineux, et l'auteur cite encore, comme jouissant de priviléges analogues par rapport aux points d'émanation des substances hydrocarburées, plusieurs autres cercles passant aux deux mêmes points H que le précédent, et comme lui perpendiculaires du *primitif* de la Nouvelle-Zemble (système du Rhin).

Il décrit aussi, comme étant un croiseur très-remarquable du précédent, son homologue l'*hexatétraédrique* H*baab*, qui passe au point *a* de l'île de Cuba, et au point H situé au S. des îles Aleutiennes. Il lui est presque perpendiculaire, aux bouches mêmes du Mississipi, que l'on sait être marquées par des salzes, et il règle le cours du fleuve aux environs de la Nouvelle-Orléans. Sur son parcours se trouvent les gîtes bitumineux de Holguin (île de Cuba), ceux de la baie de Cariaco, en Venezuela, où M. de Humboldt a signalé une source de bitume sortant du *micaschiste*, ainsi que d'autres points remarquables à différents titres: épanouissement de la rivière des Amazones près de son embouchure; fond du Para; Bahia; île Trinidad; îles Saint-Paul et Amsterdam; extrémité orientale de l'île de Sumbava, c'est-à-dire point très-voisin du volcan célèbre le Tumboro; milieu de l'archipel des Mariannes; enfin région des lacs salés et bitumineux des territoires de Nevada et d'Utah, dans l'Amérique septentrionale.

On a vu précédemment, page 125, que, suivant la remarque de M. de Chancourtois, le *primitif* du lac Supérieur et du cap San-Thomé, après avoir traversé, au Brésil, la région aurifère et diamantifère de Minas-Geraes, passe à proximité des sources de pétrole de la Pensylvanie et du Canada, parallèlement à leurs alignements.

Ceux-ci, d'après M. de Chancourtois, sont deux parallèles au *primitif*. La première, qui en est peu éloignée, est jalonnée sur les gîtes du Canada voisins du lac Saint-Clair et sur ceux du comté de Trumbull, dans l'Ohio. Cette ligne passe à Kewenah-Point, extrémité des célèbres gîtes de cuivre et d'argent natifs du lac Supérieur, puis à l'île Royale. Une autre parallèle, qui marque la coupure des Alleghanys suivie par le Potomac, va passer précisément par les fameux gîtes bitumineux d'Oilcreek, dans le comté de Venango, en Pensylvanie.

Les remarques que je viens d'emprunter à M. de Chancourtois offrent des spécimens, mais non une analyse du travail de l'habile investigateur. Son mémoire, rempli d'observations curieuses et de remarques pleines de justesse, n'est pas susceptible d'analyse, parce qu'il est formé par l'enchaînement d'un nombre immense de faits individuels, dont aucun n'est inutile à son objet, et dont aucun par conséquent ne peut être omis sans affaiblir les bases de ses conclusions.

M. de Chancourtois s'est surtout proposé de prouver que les huiles minérales et les carbures d'hydrogène en général ont une origine souterraine. En suivant successivement quarante-cinq grands cercles dans leur circonférence entière, il parvient à relier entre eux tous les gîtes bitumineux connus; mais les mêmes cercles passent en même temps par un très-grand nombre de points orographiquement et géologiquement remarquables, par une foule de volcans ordinaires, de volcans de boue, de salzes, de fumerolles, de sources minérales et thermales, de gisements de gypse, de soufre, de sel gemme, de natron et autres sels, et de gîtes métallifères de la nature la plus variée. Ces divers gisements se présentent comme faisant partie d'une même famille. Les sources de bitume, d'asphalte, de pétrole, d'huiles minérales diverses, de gaz combustibles et autres substances hydrocarburées, ne sont qu'une classe particulière des émanations qui se dégagent du globe terrestre, et on voit qu'entre des mains exercées le réseau pentagonal fournit à la géologie un

nouveau moyen d'investigation. L'auteur fait remarquer accessoirement que les cercles d'émanations bitumineuses ont une tendance particulière à passer par les embouchures des grands fleuves, et même à s'adapter à la partie inférieure de leur cours. Il insiste particulièrement sur la propriété dont ils jouissent de passer aux grands centres de population : un de ses trapézoédriques passe à Paris et à Londres.

Quant à l'origine souterraine des émanations hydrocarburées, la démonstration stratigraphique de M. de Chancourtois me paraît mériter un accueil d'autant plus favorable que sa conclusion est conforme à l'une de celles de l'important travail dans lequel M. Charles Sainte-Claire Deville a assigné une place invariable et constante aux produits hydrocarburés et bitumineux, parmi ceux qui accompagnent une même éruption à des époques successives et un même volcan à des distances de plus en plus grandes.

Les points où se produisent les émanations hydrocarburées, placés généralement, d'après les deux savants, aux intersections des cercles du réseau et de leurs parallèles, appartiennent, en principe, à la série déjà si nombreuse des points du *quinconce pentagonal;* et plus cette série s'étendra, mieux on comprendra que le quinconce pentagonal n'est pas seulement le canevas fondamental de la topographie, mais encore la clef de l'exploitation du globe terrestre.

Là cependant ne se borne pas la portée des aperçus que je viens de rappeler, et je ne crois pas céder aux illusions d'une ancienne et inaltérable amitié en reconnaissant que, dans les travaux dont j'ai analysé plus particulièrement la partie stratigraphique, MM. Charles Sainte-Claire Deville et de Chancourtois ont ouvert à la science des horizons nouveaux, dont il est encore difficile de mesurer toute l'étendue.

APPLICATIONS DU RÉSEAU PENTAGONAL À LA STRUCTURE INTÉRIEURE DES GÎTES MÉTALLIFÈRES.

Le chapitre précédent est consacré à la disposition corrélative des gisements des substances minérales provenant, par voie d'éruption ou d'émanation des profondeurs de la terre. On peut soumettre à des études du même genre, mais sur une échelle plus restreinte, la structure intérieure des gîtes minéraux. Ce sont les mines métalliques qui fournissent les moyens d'exploration. Dans ces dernières années plusieurs observateurs s'en sont occupés à ce point de vue. Je vais faire connaître sommairement les résultats de leurs travaux.

M. Rivot, professeur de docimasie à l'École des mines de Paris, au retour de son voyage d'exploration sur les curieux et importants gîtes cuprifères du lac Supérieur, fut appelé, en 1856, aux mines de Villefort et Vialas (département de la Lozère), en qualité d'ingénieur-conseil. S'étant livré activement à l'étude des filons, des croiseurs, des failles, d'abord à Vialas, et ensuite dans toute la région schisteuse qui entoure le plateau granitique de la Lozère, il parvint à reconnaître avec certitude les âges relatifs des principaux systèmes de fractures, ainsi que les époques successives d'arrivée dans les filons des minerais et des matières stériles. Les résultats de ces observations ont été consignés par l'auteur dans un mémoire présenté à l'Académie des sciences, qui, après avoir été imprimé par extrait dans les *Comptes rendus* [1], a paru plus tard *in extenso* dans les *Annales des Mines* [2].

Partout dans la contrée les gîtes minéraux présentent des caractères identiques ; l'étude des mines de Vialas offrait par conséquent un intérêt général : elle était éminemment propre à fournir des indications utiles pour la mise en exploitation des nombreux

[1] *Annales des mines*, 6e série, t. IV, p. 309 et 379.

[2] *Comptes rendus*, t. LVI, p. 98, séance du 12 janvier 1863.

filons métallifères dont les affleurements sont connus dans les départements de la Lozère et du Gard, et, par le seul fait de la généralité de son application, elle méritait, même au point de vue purement scientifique, une attention toute spéciale.

M. Rivot, en décrivant brièvement, dans son mémoire, l'ensemble des travaux très-développés exécutés, depuis l'année 1781, dans les mines de Vialas, insiste principalement sur les caractères des filons, sur la direction des fractures, sur les matières de remplissage et sur les croisements.

D'après la considération des pénétrations successives, qui forme la base de la théorie de Werner universellement admise depuis près d'un siècle, les filons divers, les failles, les fentes non remplies considérées seulement comme des fractures, se sont produits dans l'ordre suivant lequel ils sont inscrits dans le tableau ci-dessous, où leurs directions sont indiquées en *heures* de la boussole du mineur, rapportées au méridien magnétique. Chaque *heure* étant de 15 degrés, et la *déclinaison* de l'aiguille aimantée, à l'époque des observations, étant, à Vialas, de 18°30′ à l'O., M. Rivot a pu aisément exprimer, dans une colonne à part, les mêmes directions en degrés rapportés au méridien vrai, ou méridien astronomique.

1° Système de filons dirigé	*hora* 6 à 7.	Direction vraie	E. 11° N.
2° ———	*hora* 5	———	E. 33°30′ N.
3° ———	*hora* 4.	———	N. 41°30′ N.
4° ———	*hora* 8 à 9.	———	O. 18 à 20° N.
5° ———	*hora* 1.	———	S. 3°30′ E.
6° ———	*hora* 3.	———	N. 26°30′ E.
7° ———	*hora* 6.	———	E. 18°30′ N.
8° Fentes dirigées.....	N.-S.	———	N. 18°30′ O.

On connaît, de plus, des failles dirigées *hora* 11 (S. 33°30′ E.) plongeant vers l'ouest ; des filons presque verticaux dont la direction est comprise entre *hora* 10 et *hora* 11 (N. 40°30′ O.) ; des glissements de terrain orientés, les uns de l'est à l'ouest magnétique (E. 18°30′ N.) et présentant une inclinaison très-faible vers

le nord, les autres *hora* 10 (N. 48°30′ O.). Ces trois derniers systèmes de cassures n'ont été reconnus que sur un très-petit nombre de points, et M. Rivot n'a pas encore pu leur assigner de rangs chronologiques certains dans le tableau qui précède. Les failles *hora* 11 sont postérieures aux filons *hora* 8 à 9; les filons *hora* 10 à 11, postérieurs à ceux dirigés *hora* 3, se placent probablement après les fractures *hora* 6; les glissements de terrain paraissent contemporains des fentes N.-S. magnétique.

Le remplissage par les minerais et par les matières stériles s'est fait à des époques successives dont l'ordre est le suivant :

1° Quartz et pyrites des filons *hora* 4, au moment de la formation de ces fentes ou à une époque très-peu postérieure.

2° Galène pauvre en argent, quartz, carbonate de chaux dans quelques veinules *hora* 5, à une époque antérieure aux fractures *hora* 8 à 9.

3° Quartz blanc d'aspect huileux des filons *hora* 8 à 9 avec pyrites, blende, galène pauvre, au moment ou peu de temps après la formation des fractures *hora* 8 à 9.

4° Quartz ferrugineux des filons *hora* 1 et *hora* 3, quelque temps après la formation des fractures *hora* 3.

5° Sulfate de baryte blanc laiteux, cristallin, au moment de la formation des fractures *hora* 6, ou peu de temps après.

6° Galène à 150 grammes d'argent (aux 100 kilogrammes de plomb) avec carbonate de chaux;

Galène à 150 grammes d'argent (aux 100 kil. de plomb) avec quartz et carbonate de chaux;

Galène à 350 grammes d'argent (aux 100 kil. de plomb) avec quartz à grains fins, carbonate de chaux et de fer;

Galène à 500 grammes d'argent (aux 100 kil. de plomb) avec quartz et carbonate de chaux cristallin;

Galène à 700 grammes d'argent (aux 100 kil. de plomb) avec carbonate de chaux cristallin et sulfate de baryte rose.

Ces minerais sont répandus principalement dans les veines

hora 5; ils ont pénétré dans les filons *hora* 6 à 7, dans les croiseurs *hora* 1 et *hora* 3. L'arrivée des deux derniers minerais est certainement postérieure, dit M. Rivot, à la formation des fentes *hora* 6, mais antérieure aux fentes N.-S. magnétique.

Les divers systèmes de fractures existent dans toute la contrée; on les retrouve, comme failles, dans les bassins houillers de la Grand'Combe et de Bességes : ils se rattachent évidemment aux grands phénomènes géologiques qui ont marqué leur action sur la surface du globe. Pour vérifier cette relation, j'ai calculé pour Vialas, dit M. Rivot, les directions des principaux systèmes de montagnes[1], et, en comparant ces directions à celles des huit systèmes de fractures, dont les âges relatifs sont parfaitement constatés par les croisements observés à Vialas, j'ai été conduit à rapporter :

	DIRECTION à Vialas.	DIFFÉRENCES des orientations.
1° Les fracutres *hora* 6 et 7 au système du Finistère..	E. 14° 29′ 7″ N.	2° 29′ 7″,00
2° Les fractures *hora* 5 au système du Westmoreland et de Hundsrück.....	E. 33° 13′ 11″ N.	0° 16′ 49″,00
3° Les fractures *hora* 4 au système de la Côte-d'Or....	E. 43° 20′ 50″ N.	5° 9′ 9″,34
4° Les fractures *hora* 8 à 9 au système des Pyrénées...	O. 17° 42′ 30″ N.	2°
5° Les fractures *hora* 1 au système de Corse et de Sardaigne.....	N. 4° 49′ 28″ O.	1° 19′ 28″,08
6° Les fractures *hora* 3 au système des Alpes occidentales.	N. 25° 46′ 18″ E.	0° 43′ 42″,00
7° Les fractures *hora* 6 au système des Alpes principales.	E. 17° 51′ 39″ N.	0° 38′ 21″,00
8° Les fractures N.-S. magnétique au système du Ténare.	N. 18° 18′ 38″ O.	0° 11′ 11″,00

D'après la dernière colonne du tableau, les différences que présentent les directions des systèmes de fractures et celles des systèmes de montagnes sont généralement très-petites, et, comme le fait observer l'auteur, elles peuvent s'expliquer aisément par l'incertitude qui existe toujours sur la direction véritable des filons étudiés seulement sur une longueur très-limitée : celles même qui-

[1] *Annales des mines*, 6e série, t. IV, p. 408 (1863).

atteignent 5 à 6 degrés ne peuvent être considérées ici comme importantes.

Parmi les conclusions intéressantes qui peuvent être déduites de ce qui précède, je citerai seulement, dit M. Rivot, celle qui est relative à l'arrivée des minerais argentifères. Les galènes les plus riches en argent ont rempli des réouvertures produites dans des plans différents à une époque certainement postérieure au dépôt des dernières assises tertiaires.

En me ralliant aux conclusions de l'excellent mémoire de M. Rivot, je ferai cependant remarquer qu'il me paraît présenter une lacune. Dans le tableau déjà cité des directions des différents systèmes de montagnes calculées pour Vialas, l'auteur donne les deux suivantes :

Système du mont Seny.....	N. 35°24′30″ E.
Système de la Côte-d'Or.....	E. 43°20′50″ N.
Directions dont la dernière revient à.....	N. 46°39′10″ E.

Ces deux directions diffèrent de 11°14′40″, et la direction N. 41°30′E. des filons *hora* 4 tombe entre les deux, en faisant avec la première un angle de 6°5′30″, et avec la seconde un angle de 5°9′10″.

La différence des deux écarts est de moins de 1 degré, et on peut se demander s'il y avait lieu de tenir compte uniquement du second, qui est à la vérité le plus petit, en négligeant complétement le rapprochement indiqué aussi, quoique un peu moins directement, par la faiblesse du premier. La direction *hora* 4, par cela même qu'elle est exprimée en heures de la boussole, est évaluée seulement à 15 degrés près, et comporte des écarts de 7 degrés et demi de part et d'autre de sa ligne normale. De même que dans plusieurs cas analogues discutés pour le département de la Haute-Marne, on pourrait concevoir qu'elle représente un faisceau de directions dont les unes se rapporteraient au système de la Côte-d'Or et les autres au système du mont Seny. En fait, il est naturel que le système de la

Côte-d'Or, auquel appartient le mont Pilas, en Forez, soit représenté à Vialas par une série de fractures parallèles à sa direction; mais il ne le serait pas moins que le système du mont Seny, dont le grand cercle de comparaison est le *bissecteur* DH, qui, comme on l'a vu précédemment, page 350, rase l'extrémité orientale de la masse granitique de la Lozère, et passe à 3 kilomètres des mines de Villefort et à 8 kilomètres de celles de Vialas, fût lui-même représenté dans ces localités par une autre série de fractures, formant avec les premières un angle moyen de 10 à 12 degrés; un peu moins d'une heure de la boussole.

En attendant que cette question ait été résolue par des observations *ad hoc*, faites sur les lieux, je me bornerai à faire remarquer que, si une partie des fissures comprises dans la direction *hora* 4 appartenaient réellement au système du mont Seny, qui se rapporte aux premiers temps de la période jurassique, on pourrait regarder le commencement de leur remplissage comme se liant aux émanations métallifères qui ont enrichi les arkoses placés autour du plateau central de la France, entre le granite et les calcaires jurassiques, et auxquelles sont dus les nombreux gîtes de plomb argentifère qui y ont été exploités.

Quoi qu'il en soit de cette remarque de détail, que je soumets à M. Rivot, les propriétaires des mines de Vialas n'ont pas eu à se repentir de lui avoir demandé des conseils. L'effet utile de ses indications n'a pas tardé à se manifester dans le chiffre des *dividendes*. Sous l'heureuse impulsion du savant professeur, les mines de Vialas sont entrées dans une voie de prospérité inconnue avant lui.

M. Moissenet, ingénieur des mines, s'est occupé aussi avec beaucoup de succès de l'application du réseau pentagonal aux gîtes métallifères. Ses premiers travaux en ce genre ont eu pour objet les mines de plomb argentifère du Flintshire, en Angleterre, sur lesquelles il a publié, dans les *Annales des mines*[1], un mémoire intéressant.

[1] Mémoire sur le gisement du minerai de plomb dans le calcaire carbonifère du Flintshire, *Annales des mines*, 5e série, t. XI, p. 351 (1857).

Ayant exécuté, de concert avec M. Laugel, les calculs nécessaires pour mener par Holywell, centre des mines du Flintshire, des parallèles aux directions des neuf systèmes de montagnes les plus anciens de l'Europe (Vendée, Finistère, Longmynd, Morbihan, Hundsrück, Ballons, Forez, nord de l'Angleterre, Pays-Bas), M. Moissenet a construit pour cette localité une *rose des directions*, sur laquelle il a tracé celles des principaux filons ainsi que celles des failles (*cross-courses*) observés dans les mines. Cette rose, pl. III, fig. 2, du volume cité, est dessinée et gravée avec un tact parfait. Elle mériterait d'être citée comme modèle pour d'autres travaux analogues. On y voit d'un coup d'œil que les directions forment ici deux groupes principaux très-distincts : l'un, pour les filons, se rapproche de la direction E.-O. vraie; l'autre, pour les *cross-courses*, se rapproche du méridien astronomique. Le premier comprend la direction du système des Ballons avec des déviations suivant les directions des systèmes plus anciens du Finistère et du Morbihan qui ont été reproduites après coup; l'autre, les directions du Forez et du nord de l'Angleterre. Ces deux derniers systèmes sont plus récents que les trois autres, circonstance qui cadre d'une manière générale avec le fait que les *cross-courses* sont d'une date plus récente que l'ouverture des filons de plomb argentifère. Les *cross-courses*, cependant, sont quelquefois métallifères, les émanations s'étant, à ce qu'il paraît, prolongées ou reproduites pendant longtemps.

L'auteur regarde, en effet (p. 415), l'émission des minerais métalliques comme ayant eu sa plus grande activité à partir de l'ouverture des filons E.-O. (système des Ballons), et comme ayant décru pendant le dépôt du terrain houiller, pour cesser entièrement, ou à peu près, lors de la formation des grandes failles du système du nord de l'Angleterre. Dans une discussion aussi judicieuse que détaillée, que je dois me borner à mentionner, M. Moissenet fait voir que l'ensemble des observations faites sur les mines et les grandes failles du Flintshire, et même de tout le nord de l'Angleterre, sont conformes à cette coordination, rattachée si sim-

plement à la considération des âges relatifs des systèmes de montagnes.

Plus tard, M. Moissenet s'est appliqué spécialement à l'étude des gîtes métallifères beaucoup plus nombreux et plus variés du Cornouailles et du Devonshire, sur lesquels il a soumis à l'Académie des sciences un mémoire qui a été imprimé par extrait dans les *Comptes rendus* et reproduit avec plus de développement dans les *Annales des mines* [1].

Les terrains qui renferment les dépôts métalliques du Cornouailles sont beaucoup plus anciens que ceux du Flintshire. La formation silurienne, dont l'existence a été longtemps contestée dans le Cornouailles, est aujourd'hui reconnue par les géologues anglais pour les points de la côte sud où des fossiles de ce terrain ont été découverts, et l'auteur ajoute qu'il a trouvé des preuves de la présence de cette formation dans une grande partie de la presqu'île. Les massifs granitiques qui en constituent les parties les plus montueuses doivent être rapportés à plusieurs époques d'éruption. Avant l'apparition de celui du Dartmoor, plusieurs autres, dans l'ouest, avaient été portés au jour et avaient subi des modifications.

Pour discuter les directions observées dans les filons, M. Moissenet a transporté au point *a* du réseau, situé près de la côte N.-O. du Cornouailles, les directions des grands cercles correspondant aux dix-neuf systèmes de montagnes les plus anciens de l'Europe, ce qui lui a donné une *rose des directions* applicable, avec une précision suffisante, à toute la contrée métallifère.

Étudiées sur place et suivies sur les feuilles du *Geological Survey*, les directions calculées lui ont permis de comprendre non-seulement les accidents généraux du sol, mais aussi les phénomènes relatifs à la mécanique des filons, c'est-à-dire à la formation

[1] Études sur les filons du Cornouailles et du Devonshire, directions utiles pour étain, cuivre et plomb, par M. Moissenet. *Comptes rendus*, t. LV, p. 759, séance du 17 novembre 1862, et *Annales des mines*, 6e série, t. III, p. 161 (1863).

première et à la préparation subséquente de la fissure, aux époques du remplissage et des réouvertures.

Considérant spécialement le système de montagnes représenté par le grand cercle *primitif* Land's-End-Apschéron, il a reconnu que ce grand cercle est le représentant exact, au moins pour la contrée qui nous occupe, du soulèvement qui s'est produit entre la formation dévonienne et la période carbonifère.

L'*octaédrique* du Mulehacen, dont l'intersection avec le précédent détermine le centre de réduction *a*, joue un rôle efficace dans plusieurs districts, notamment dans celui si particulier de Saint-Just, dont il contribue à expliquer les apparentes anomalies.

Les onze systèmes les plus anciens ont, dans le Cornouailles, dit M. Moissenet, une influence prédominante sur la formation des filons : *tous y sont reconnaissables*. Ils suffisent presque à eux seuls à en dévoiler les phénomènes mécaniques. Non-seulement on suit leurs empreintes dans l'ensemble des directions observées sur les groupes de filons, mais on en voit l'influence spéciale dans chaque district métallifère et jusque dans les *orientations successives* qu'affecte un même filon.

M. Moissenet a pu constater quelles sont les orientations *utilement* exploitables pour étain, cuivre et plomb. Comme conséquence dernière et pratiquement applicable, l'étude de cette influence conduit à reconnaître les parties riches d'un filon, c'est-à-dire celles qu'il convient d'exploiter pour un métal déterminé, et à les distinguer de celles qui sont stériles, ou tout au moins trop pauvres pour être poursuivies avec avantage [1].

Mettant les *directions des onze premiers systèmes* en regard des *angles utiles* pour étain, cuivre et plomb, déterminés par l'observation, l'auteur a rapproché, dans un tableau joint à son mémoire, les résultats du calcul de ceux obtenus par un observateur aussi expérimenté dans la pratique des mines qu'il est éloigné de toute

[1] *Annales des mines*, 6e série, t. III, p. 168 (1863).

idée théorique préconçue. M. Ch. Thomas, directeur du Dolcooth, près de Redruth, a bien su voir, dit M. Moissenet, que parmi les caractères des filons leur orientation est le plus distinctif. Partant, lui et moi, de points de vue en apparence opposés, nous arrivons à une coïncidence que l'on peut considérer comme pratiquement rigoureuse en ce qui concerne les faits, pris dans l'ensemble des deux comtés de Cornouailles et de Devonshire.

Cet accord est exprimé dans un tableau numérique que je ne puis transcrire et dans une *rose des directions* gravée dans une planche jointe à son mémoire, auquel je ne puis que renvoyer le lecteur. Je me borne à dire que, sur *la rose*, les angles utiles pour étain, cuivre et plomb sont figurés et teintés d'une manière particulière. On y voit que l'angle utile pour étain est représenté par un secteur d'une amplitude de 60 degrés, dont le milieu est tourné du côté de l'E.-N.-E.; l'angle utile pour le cuivre est représenté par un autre secteur de 60 degrés dont le milieu se dirige un peu au nord de l'est vrai, et l'angle utile pour le plomb est représenté par un secteur de 50 degrés dirigé un peu à l'ouest du nord astronomique. Les milieux et les côtés de ces trois angles utiles et des subdivisions qu'ils présentent, suivant les degrés variables de richesse de leurs différentes parties, ont des rapports d'une précision étonnante avec les lignes qui représentent les directions des divers systèmes de montagnes, consistant principalement en ce que la bissectrice de chaque angle utile coïncide presque exactement avec la direction d'un système de montagnes ou avec la bissectrice de deux de ces directions; en voici un exemple :

PLOMB.		DIFFÉRENCES.
Bissectrice de l'angle utile.....	N. 9° O.	
Système du nord de l'Angleterre...	N. 8° 7′ O.	0° 55′
Octaédrique du Mulehacen.....	N. 8° 23′ O.	0° 37′
Bissectrice (Vendée, Rhin).....	N. 7° 53′ O.	1° 7′

La petitesse de ces différences prouve, pour le dire en passant,

qu'afin de rendre les services qu'on peut en attendre la *rose des directions* doit être calculée rigoureusement.

Deux systèmes (Longmynd et Morbihan) sont complétement déshérités. Ils sont en dehors de tous les angles utiles, et leurs directions ne traversent que les espaces blancs de la rose. Toutefois, comme on l'a déjà dit, le district de Saint-Just échappe aux règles ordinaires, et la direction du système du Morbihan y devient favorable à la richesse métallique.

Pour les autres districts, les angles utiles ne sont aussi larges que lorsqu'on veut les comprendre tous ensemble, et M. Moissenet pense que, pour chaque district en particulier, on peut resserrer les limites actuelles de l'observation.

On peut suivre avec fruit l'action des systèmes statigraphiques jusque dans le détail de la constitution d'un filon, en y comprenant ses relations avec les filons ou failles qui l'avoisinent. Les lignes calculées ne servent pas seulement à tracer et relier les grandes formations, ou les dépôts de minerais éloignés les uns des autres ; mais, dans tous les districts métallifères, elles sont empreintes assez clairement dans les accidents du sol et des gîtes minéraux pour que, avec de la prudence et du discernement, les mineurs puissent y trouver le guide véritable, qui jusqu'ici leur a manqué, et faute duquel ils sont restés exposés aux incertitudes des essais par tâtonnement et aux chances de leurs lumières naturelles.

Franchissant la Manche, il sera aisé, dit M. Moissenet, en tenant compte des modifications locales, d'appliquer aux gisements d'étain et de plomb de la Bretagne les études faites sur le Cornouailles. Un beau succès a été obtenu dans le midi de la France (Vialas) par ceux qui ont déjà accepté et appliqué cet ordre d'idées. Poursuivant plus tard les mêmes travaux sur le reste de notre territoire, nous arriverons un jour à connaître l'histoire géologique des émanations des divers métaux, comme on possède maintenant celle des éruptions du granite et de ses congénères. Alors la recherche

et l'exploitation de nos gîtes minéraux marcheront avec certitude.

Presque au moment où M. Moissenet écrivait ces lignes, un autre ingénieur des mines, M. Mallard, professeur de géologie à l'École des mineurs de Saint-Étienne, s'occupait, au même point de vue, des gisements stannifères du Limousin, sur lesquels il a présenté à l'Académie des sciences un mémoire dont un extrait a été inséré dans les *Comptes rendus*[1].

Après avoir fait connaître les circonstances géologiques que présente le gisement stannifère de Vaulry (Haute-Vienne), découvert en 1812 par MM. de Villelume et Alluaud, l'auteur aborde l'étude du gisement de Montebras, découvert par lui-même en 1859, et de l'étude comparée des deux gisements il tire les conclusions suivantes :

1° Les filons d'étain oxydé du Limousin et de la Marche paraissent affecter deux directions principales, sinon absolument contemporaines, au moins d'âge très-voisin : l'une N. 10 à 20° E.; l'autre N. 40 à 50° E.

2° Ces deux directions se retrouvent, avec les directions à peu près perpendiculaires E.-O. et N.-O., dans l'orientation des principales chaînes et des principaux filons que forme le granite à deux micas, ainsi que le pegmatite et le leptynite à mica blanc, qui sont en connexion avec lui. Toutes les autres circonstances géologiques qui accompagnent les gisements d'étain oxydé montrent que la production de ce minéral a été liée, dans le Limousin et la Marche, à l'éruption des dernières roches granitiques, et en a été probablement contemporaine.

L'époque de cette formation stannifère est antérieure à la période carbonifère. Elle s'est, du reste, prolongée vraisemblablement pendant un laps de temps considérable : c'est au moins ce qu'il est

[1] Sur les gisements stannifères du Limousin et de la Marche et sur quelques anciennes fouilles qui paraissent s'y rattacher, par M. Mallard, *Comptes rendus*, t. LXII, p. 223. séance du 29 janvier 1866.

permis de penser, si l'on remarque, d'une part, que les orientations des systèmes antécarbonifères du Finistère, du Longmynd, du Morbihan et du Hundsrück, transportés en un point voisin de la limite septentrionale de la Creuse, sont précisément celles que l'on retrouve le plus habituellement dans les chaînes ou les filons que forment le granite à deux micas et ses dérivés.

Ces conclusions sont confirmées par l'étude des autres gisements stannifères et wolframifères de la contrée, au nombre desquels il faut ranger les célèbres amas de pegmatite de Chanteloube, au milieu desquels se rencontrent, avec l'émeraude, des manganèses phosphatés divers, et de nombreux minéraux tenant du niobimu et du tantale.

M. Mallard décrit, dans son mémoire, des excavations ouvertes en des points fort nombreux du Limousin et de la Marche. Ces excavations, qui remontent certainement à une très-haute antiquité, sont de tous points analogues à celles que l'on connaît depuis longtemps à Vaulry, et qui ont eu évidemment pour but l'exploitation du gisement stannifère de cette localité, ainsi qu'à celles des environs de Montebras, qui ont fait soupçonner, puis découvrir, en ce lieu, par M. Mallard, l'existence d'une mine d'étain.

Cette mine est aujourd'hui exploitée, et M. Moissenet en a accepté dernièrement la haute direction. Il y a déjà fait d'importantes observations qu'il n'a pas encore publiées. Il y importera, avec le réseau pentagonal, les remarques faites dans les mines du Cornouailles. Une *rose des directions*, calculée pour Montebras, lui permettra de rattacher à chacun de ses rayons les idées qui se sont développées, soit à Saint-Just, soit à Redruth ou à Carclaze, sur le plus ou moins de chances que présente telle ou telle direction pour la découverte de l'étain, du cuivre, du plomb, et qui amènent quelquefois le sourire sur les lèvres des mineurs du pays lorsqu'on leur parle de chercher un métal dans une direction inusitée; idées nées d'une longue pratique, trop légèrement qualifiées de *routine*, et qui, généralisées avec l'aide du réseau pentagonal, et éclairées

par la considération de l'âge relatif des différents systèmes stratigraphiques, feront profiter chaque mine de l'expérience acquise dans toutes les autres.

Plus encore que ceux du Cornouailles, les mineurs allemands, dont les travaux, dès la fin du moyen âge, pénétraient à plus de mille mètres de profondeur, ont sur ces matières d'anciennes traditions exprimées dans un langage qui ne nous est plus familier. Au milieu du silence et de l'obscurité de leurs réduits souterrains, ils réfléchissaient longuement aux moyens de découvrir les voies de la fortune, qui semble n'être pas moins aveugle dans les entrailles de la terre qu'à sa surface. Les yeux fixés sur l'aiguille aimantée, promptement devenue leur guide, ils reportaient leurs pensées sur la marche du soleil ; et de là vient la division de leur boussole en *heures*. Ne pouvant prévoir qu'on s'occuperait un jour de la *rose des directions*, ils s'en étaient tenus à la *rose des vents*. Ignorant nécessairement aussi que l'idée de courants galvaniques ou magnétiques pourrait se rattacher dans l'avenir à certaines orientations, et que les importantes expériences de M. Becquerel montreraient l'influence de l'électricité dans la formation des minéraux, ils avaient donné à l'expression de leurs vues instinctives une expression mystique, plus propre à rappeler le culte du soleil que la physique et la minéralogie. Ils avaient imaginé pour les filons diversement orientés et diversement inclinés une classification et une nomenclature fondées en partie sur la manière dont leurs plans pouvaient être éclairés par les rayons du soleil levant. De là, par exemple, les désignations de positions directes-tombantes et indirectes-tombantes, qui paraissent aujourd'hui si bizarres.

Ces élucubrations d'un autre âge, où avaient pénétré peut-être quelques rayons d'alchimie, ont pâli, mais sans être complétement effacées, devant la lumière toute nouvelle que Werner a fait luire dans les mines par sa théorie des filons, si justement célèbre et si universellement adoptée. Tous les filons parallèles entre eux étaient déjà désignés d'une même manière : Werner a introduit la notion

des origines successives des différentes classes de filons, déterminées d'après leurs croisements.

La classification des différents systèmes de montagnes, des différents systèmes stratigraphiques, d'après leur âge géologique, a été un nouveau pas dans la même voie. Les fissures que les filons ont remplies par degrés s'y trouvent comprises. Leurs réouvertures successives s'y trouvent expliquées. La nécessité et la possibilité de modifier convenablement les directions en passant d'un pays dans un autre s'y trouvent établies. Avec une *rose des directions* calculée pour chaque localité, on peut voir quels sont les filons qui se correspondent, comme devant leur origine première à un même système de montagnes, et comment doivent être modifiées d'un point à un autre les directions regardées comme utiles pour l'exploitation de tel ou tel métal. On comprendra aussi que, bien qu'éclairées semblablement par le soleil, des localités, même assez voisines, pourraient se trouver dans des conditions très-différentes, parce que des systèmes de montagnes différents y auraient exercé des influences prépondérantes, et cela permettra d'expliquer des anomalies dont on cessera d'être embarrassé.

Mais on ira plus loin encore. Longtemps avant Werner, les mineurs allemands étaient devenus, pour l'art des mines, les précepteurs du genre humain. Les noms allemands ou germanisés d'une foule de mines et de districts miniers, *Schemnitz, Kremnitz* et *Neu-Sohl*, en Hongrie, *Kongs-berg*, en Norwége, *Ta-berg*, en Suède, *Catharinen-burg*, dans l'Ural, *Schlangen-berg*, dans l'Altaï, rappellent que les Allemands ont été appelés dans les mines de tous les pays. Ils y avaient introduit, avec la boussole de Freiberg, les idées dont ses *heures* étaient le symbole. Malgré l'expression un peu fantastique qu'ils leur avaient donnée, leurs vieilles traditions renfermaient donc des notions dont l'expérience a sanctionné l'utilité, et dont une application aussi générale n'a pu manquer d'enrichir le répertoire. En coordonnant ces notions, nées si loin les unes des autres, à l'aide de la *rose des directions*, résumé des phénomènes

géologiques, jointe à la *rose des vents*, à laquelle se rattachent les influences purement physiques, on leur donnera un caractère d'ensemble et de généralité qui leur a manqué jusqu'à présent, ce qui les a empêchées d'entrer dans la théorie des filons, issue de l'école de Werner. De là naîtra une science agrandie, où il restera beaucoup moins de mystères, science en partie nouvelle et presque complétement expérimentale, dont l'introduction dans les mines ne tardera pas à devenir une question d'utilité publique. Elle y rendra les travaux plus profitables, et je ne doute pas qu'à la longue elle n'obtienne la sympathie des *actionnaires*.

Je demande au lecteur la permission d'exprimer ici celle que j'éprouve pour les travailleurs qui cherchent *le fil d'Ariane* au milieu des complications du monde souterrain. A la fin de ce trop long Rapport, j'adresse mes excuses les plus sincères à tous ceux dont, par ignorance ou par oubli, j'aurais omis de signaler les travaux, et je remplis un bien agréable devoir en témoignant ma reconnaissance aux savants distingués qui, de près ou de loin, m'ont fourni d'utiles documents. (Voir la table des auteurs cités.)

FIN.

OBSERVATIONS

SUR

LES DEUX PLANCHES JOINTES À CE RAPPORT.

Afin de faciliter l'intelligence de ce Rapport, on y a joint deux planches. La première est intitulée : *Le pentagone européen en projection gnomonique sur l'horizon de son centre.* Cette carte, qui comprend l'Europe entière et des parties considérables de l'Asie, de l'Afrique et de l'océan Atlantique, est simplement un nouveau tirage de la planche V de la *Notice sur les systèmes de montagnes*, à laquelle on a renvoyé le lecteur en beaucoup de points du Rapport. Aux premiers de ces renvois, les indications indispensables ont été données. La construction de la carte a été expliquée en détail dans l'ouvrage cité.

La seconde planche est intitulée : *Tableau d'assemblage des six feuilles de la carte géologique de la France*, par MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont, *avec les cercles du réseau pentagonal*, par M. Élie de Beaumont (1866). C'est la carte géologique de la France, réduite à l'échelle de $\frac{1}{2000000}$, exécutée en couleurs à l'Imprimerie impériale par l'ingénieux procédé du report sur pierre établi par M. Derenémesnil. La précision de ce procédé est telle, qu'il a permis d'appliquer d'un seul coup, sur la carte déjà tirée en couleurs, tous les cercles du réseau pentagonal, sans que, sur aucun exemplaire, on ait remarqué une déviation sensible de la position normale que ces cercles doivent occuper.

La carte géologique réduite *avec les cercles du réseau* avait été publiée et livrée au commerce en 1866. Il en a été fait un tirage spécial pour le présent Rapport. Sur cette carte on peut suivre, sans aucune fatigue, le cours de tous les cercles du réseau, qui y sont désignés par les mêmes notations que dans le Rapport, dont elle facilitera beaucoup la lecture. On y verra aussi du premier coup d'œil les positions des points de croisement simples ou multiples des cercles, et on y saisira tout l'ensemble de l'adaptation du réseau pentagonal à la structure de la France plus aisément qu'on ne pourrait le faire sur une carte plus grande et moins commode à manier.

Il est bon cependant de prévenir ici le lecteur, comme on l'a déjà fait dans le cours du volume, que beaucoup des détails qui sont indiqués dans le texte ne se trouvent pas sur la carte réduite. L'auteur, en écrivant le Rapport, avait constamment sous les yeux un exemplaire de la carte géologique générale de France, en six feuilles, à l'échelle de $\frac{1}{500000}$, sur laquelle les cercles du réseau étaient construits *rigoureusement*. Il avait même à sa disposition les 62 feuilles de la carte d'état-major, déjà coloriées pour la carte géologique détaillée de la France, sur lesquelles les cercles du réseau ont été tracés par MM. Fuchs, Potier et de Lapparent, ingénieurs au corps impérial des mines, avec une précision qui ne laisse rien à désirer. On comprend que l'auteur a pu prendre dans ces cartes, pour son travail, des indications et des mesures que la carte géologique réduite ne conduirait pas même à soupçonner.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS CITÉS.

A

Alluaud (M.), 555.
Amirauté (voyez *Hydrographical Office*).
Archiac (M. le vicomte A. d'), 251.

B

Bèche (voyez *La Bèche*).
Becquerel (M. A. C.), 557.
Becquey (M.), 368.
Billy (M. E. de), 263, 287.
Biot (M. Édouard), 127, 131.
Boblaye (M. E. Le Puillon de), 6, 8, 246, 263.
Boué (M. le Dr Ami), 71, 112.
Brochant de Villiers (M.), 533.
Buch (M. le baron Léopold de), 166, 173, 176, 178, 179, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 188, 192, 197, 334, 428, 442, 455.

C

Caumont (M. A. de), 408.
Chancourtois (M. E.-B. de), 4, 71, 72, 125, 248, 272, 275, 282, 287, 484, 503, 504, 514, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 533, 539, 540, 541, 542, 543.
Collegno (M. le général H. Provana de), 382, 451.
Coquand (M.), 8.
Cotta (M. le professeur Bernard), 142, 144, 149, 203, 332, 360, 392, 411, 437.
Courberon (M.), 259.

D

Daussy (M. P.), 193.
Dépôt de la guerre (Carte d'état-major), 240, 242, 503.
Dépôt de la marine, 108, 177, 196, 206, 207, 213, 273.
Dépôt des cartes et plans des ponts et chaussées et des mines, 368.
Derenémesnil (M.), 239, 561.
Deville (M. Charles Sainte-Claire), 171, 187, 258, 359, 450, 532, 535, 536, 537, 538, 543.
Dewalque (M. G.), 532.
Dien (M. Ch.), 66.
Dormoy (M. E.-E.), 276.
Dufrénoy (M. P. A.), 18, 239, 263, 409, 534, 561.
Duhamel (M. A.-G.), 503, 524.
Dumont (M. le professeur André), 72, 434, 437.
Dupin (M. le baron Charles), 479.
Durier (M.), 209.
Durocher (M. J.), 4, 5, 14, 15, 18, 27, 103, 209, 248, 289.

E

East India Company (Officiers et agents de l'), 81, 453.
Edwards (M. Alphonse Milne), 474.
Élie de Beaumont (M. L.), *passim*.
Escher de la Linth (M.), 418, 427.
Esquerra del Bayo (M.), 117.

F

Favre (M. le professeur Alphonse), 336.
Ferri-Pisani (M. le colonel C.), 275.
Figari-Bey (M.), 141.
Forster (M.), 13.
Foucou (M. Félix), 484.
Fouqué (M.), 171, 426.
Francq (M. le baron Félix de), 158, 159.
Fuchs (M. Ed.), 562.

G

Gauldrée-Boileau (M.), 540.
Gras (M. Scipion), 317.
Greenough (M. George Bellas), 81, 82, 89, 90, 101, 102, 128, 129, 146, 171, 397, 398, 399, 413, 414, 429, 430, 431, 440, 441, 452, 453, 458, 459, 461.
Griffith (M.), 118, 218.
Guillemin (M. Édouard), 10, 254.

H

Hitchcock (M. le professeur), 12, 13, 20.
Houzeau (M.), 489.
Humboldt (M. le baron Alexandre de), 97, 175, 183, 223, 224, 437, 482, 492, 493, 511, 541.
Hydrographical Office (Amirauté), 92, 98, 109, 118, 166, 196, 207, 213, 410, 426, 436, 450.

J

Jackson (M. le docteur Charles T.), 12.
Jacquemont (M. Victor), 398, 533.
Jacquot (M. E.), 528.
Jedlinski (M. Jules), 72.

K

Keilhau (M. le professeur), 209, 214.
Keyserling (M. le comte de), 92.
Klaproth (M.), 180, 182, 204.

L

La Bèche (Sir Henri T. de), 324, 331, 336, 434, 461.
Lambton (M. le colonel), 81.
Lamé (M. G.), 531.
Lapparent (M. A. de), 562.
Laugel (M. Auguste), 39, 44, 51, 66, 70, 158, 192, 195, 200, 202, 211, 213, 229, 233, 242, 249, 254, 255, 262, 267, 282, 283, 296, 300, 308, 337, 353, 381, 383, 394, 400, 404, 414, 416, 433, 445, 531, 550.
Le Play (M. F.), 10.
Logan (Sir William), 13.

M

Mallard (M. F.-E.), 555, 556.
Malte-Brun (M.), 209.
Marcou (M. Jules), 12, 13, 27, 71, 176, 223.
Marmora (M. le général Albert de la), 115
Moissenet (M. V.-L.), 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556.
Murchison (Sir Roderick I), 92, 107, 112, 132, 142, 204, 225, 226, 287.

N

Naumann (M. le professeur C.-F.), 293, 411, 438.
Necker de Saussure (M.), 336.
Newbold (M. le capitaine), 402.
Nordenskjold (M. le lieutenant), 209.

O

Olsen (M. O.-N.), 274.
Orbigny (M. Alcide d'), 18, 20, 21, 22, 28.
Owen (M. le capitaine), 109.

P

Pentland (M. J.-B.), 22.
Pissis (M. Aimé), 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 186, 224, 249, 382, 517, 538.
Ploix (M. E.), 177, 178, 179, 180, 210, 215, 325.
Pomel (M. A.), 7, 8, 9, 28, 72, 315, 317, 380, 382, 383, 474, 512.
Potier (M. A.), 562.
Pouyanne (M. J.), 484, 487, 491.

R

Raulin (M. Victor), 4, 5, 388.
Renou (M. Émilien), 6, 10, 84, 117, 167, 202, 246, 401.
Rivière (M. A.), 288.
Rivot (M. L.-E.), 544, 545, 516, 547, 548, 549.
Roche-Poncié (M. de la), 181.
Rogers (M. le professeur), 13.
Ross (Sir James), 112.
Russegger (M. J.), 81, 91, 114, 133, 151.

S

Sarrazin (M. E.), 72.
Sismonda (M. le professeur Ange), 319.
Schlagintweit (MM. Adolphe, Hermann et Édouard), 399.
Studer (M. le professeur Bernard), 418, 427.
Stur (M. Denis), 428.

T

Tchihatcheff (M. le prince Pierre de), 170, 220.
Thomas (M. Ch.), 553.

V

Verneuil (M. Édouard de), 92.
Vézian (M. Alexandre), 1, 2, 3, 10, 202, 259, 260, 261, 352.
Vidal (M. le capitaine), 108, 118, 166.
Villelume (M. de), 555.
Villeneuve-Flayosc (M. le comte H. de), 4, 31, 466, 489, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 534.
Vincendon-Dumoulin (M.), 83, 86, 140, 173, 178, 180, 181, 198, 204, 206, 210, 216, 217, 223, 227.
Virlet d'Aoust (M.), 8, 246.

W

Whitney (M.), 13.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages.

AVERTISSEMENT 1

PREMIÈRE PARTIE.

NOUVEAUX SYSTÈMES DE MONTAGNES 1
Europe 1
Afrique 6
Amérique 11
Remarques générales sur les systèmes de montagnes 28

DEUXIÈME PARTIE.

CORRÉLATION DES DIRECTIONS DES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE MONTAGNES 33
Réseau pentagonal 33
Constitution du réseau pentagonal 34

TROISIÈME PARTIE.

INSTALLATION DU RÉSEAU PENTAGONAL SUR LA SURFACE DU GLOBE TERRESTRE 57

QUATRIÈME PARTIE.

ÉTUDE DES RELATIONS EXISTANTES ENTRE LE RÉSEAU PENTAGONAL ET LES INÉGALITÉS DE L'ÉCORCE TERRESTRE 77
Les six dodécaédriques réguliers 78
Dodécaédrique régulier du cap Corrientes et de Singapour 78
——— du Sénégal et de la Nouvelle-Guinée 80
——— des Açores et de la terre de Van-Diemen 84
——— du Brésil et du Japon 86
——— du Spitzberg et du lac Supérieur 88
——— de la mer Caspienne et de la terre Graham 91
Remarques sur les six *dodécaédriques réguliers* 94
Les dix octaédriques 96
Octaédrique de Cochabamba et du golfe de Pechely 96
——— du lac Baïkal et de l'île du Prince-Édouard 99

Pages.

Octaédrique des Garrow-Hills 101
——— du cap Walsh et des îles Sous-le-Vent 103
——— du cap Cod 104
——— de Nijney-Tagilsk 106
——— de l'île d'Hindoë 108
——— de l'île Trinidad 111
——— du mont Sinaï 113
——— du Mulehacen 116
Remarques comparatives sur les dix *octaédriques* 120
Les quinze grands cercles primitifs 122
Primitif équatorial 123
——— de la Floride et de la terre d'Arnhem 123
——— du lac Supérieur et du cap San-Thomé 124
——— des montagnes Rocheuses et des îles Galapagos 126
——— du cap Castle ou Pater-Noster 128
——— du Groënland et du Chili 129
——— du mont Saint-Élie 132
——— de Valdivia et des cataractes du Nil 133
——— de l'île de Cuba et du cap Sandy 135
——— de la presqu'île Alaska et de la terre de Van-Diemen 136
——— de l'Etna 137
——— de la Nouvelle-Zemble 139
——— de Lisbonne 141
——— du Land's-End 144
——— de Saint-Kilda 148
Remarques comparatives sur les 15 *primitifs*, sur les 10 *octaédriques* et sur les 6 *dodécaédriques réguliers* 152
Les trente dodécaédriques rhomboïdaux 164
Dodécaédrique rhomboïdal de l'Etna (axe volcanique de la Méditerranée) . . 165
Dodécaédrique rhomboïdal (axe volcanique du Pacifique) 174
Les trente bissecteurs IH des angles de 60° 194
Bissecteur IH de Ténériffe 196
Les trente bissecteurs DH des angles de 36° 201
Bissecteur DH (système du mont Seny) 202
Bissecteur DH (système du nord de l'Angleterre) 207
Cercles auxiliaires divers 211
Trapézoédrique TD*b* du cap Bon, *Hermæum Promontorium* (système des îles de Corse et de Sardaigne) 212
Trapézoédrique TD*b* du volcan de Guatemala (système des Ballons) 217
Trapézoédrique T*c* de l'Iremel (système du Hundsrück) 223
Remarques générales sur les 39 monographies précédentes 229
Les 362 points principaux du réseau pentagonal 231

Pages.

ÉTUDE DES RELATIONS EXISTANTES ENTRE LE RÉSEAU PENTAGONAL ET LA CONSTITUTION DU SOL DE LA FRANCE ET DES CONTRÉES LIMITROPHES 235

Remarques préliminaires . . . . . *Ibid.*

Octaédrique du mont Sinaï (système des Pyrénées) 244

Trapézoédrique T*la* (système du Morbihan) 249

Remarques relatives au système du Thüringerwald 257

Diagonal I*b* (système du mont Serrat) 259

Hexatétraédrique H*baab* (de Nontron) 262

Trapézoédrique TT*bbc* (failles de la Haute-Marne, Hécla) 267

Trapézoédrique TI du cap Bon, *Hermæum Promontorium* (système du mont Viso) 276

Trapézoédrique T*b* (système de la Vendée) 283

Primitif de l'Etna (système du Ténare) 290

Diamétral D*ac* (système du Forez) 291

Trapézoédrique TD*b* du cap Bon, *Hermæum Promontorium* (système des îles de Corse et de Sardaigne) 297

Octaédrique du Mulehacen 299

Hexatétraédrique H*aa* 300

Bissecteur DH (système du nord de l'Angleterre) 305

Trapézoédrique T*a* (système du Vercors) 308

Primitif de la Nouvelle-Zemble (système du Rhin) 317

Diamétral D*c* (système des Alpes occidentales) 326

Trapézoédrique T*abc* (système du Longmynd) 336

Bissecteur DH (système de mont Seny) 346

Diamétral D*ac* (système de la Côte-d'Or) 353

Primitif de Lisbonne 362

Trapézoédrique T*c* de l'Iremel (système du Hundsrück) 369

Hexatétraédrique H*a*TT*a* (système de l'Érymanthe et du Mermoucha) 380

Trapézoédrique TT*bbc* (système du Sancerrois) 383

Bissecteur DH de Belle-Île 389

Hexatétraédrique H*baab* (système des Alpes principales) 394

Trapézoédrique TD*b* (système du Finistère) 404

Trapézoédrique T*b* (système du Tatra) 416

Diamétral D*ac* (système des Pays-Bas) 432

Hexatétraédrique H*a*TT*a* 445

Primitif du Land's-End 456

Sur les *intersections* des cercles du réseau pentagonal qui tombent dans le cadre de la carte géologique de France 461

Réflexions générales sur le contenu de la quatrième partie du Rapport 485

CINQUIÈME PARTIE.

APPLICATIONS DU RÉSEAU PENTAGONAL 501

Pages.

Applications à la topographie 501
——————— à la distribution des substances minérales 524
——————— à la structure intérieure des gîtes métallifères 544

Observations sur les deux planches jointes au Rapport 561

Table alphabétique des auteurs cités 563

Corrections 571

FIN DES TABLES.

CORRECTIONS.

Page 5, ligne 3 du bas, notes, *au lieu de* 1861, *lisez* 1851.
Page 50, ligne 9, *au lieu de* dodécaédrique, *lisez* dodécaèdre.
Page 52, ligne 13, *au lieu de* adapter, *lisez* adopter.
Page 66, ligne 7, *au lieu de* M. Ch. Dieu, *lisez* M. Ch. Dien.
Page 104, ligne 8 du bas, *au lieu de* point T, *lisez* point I.
Page 115, ligne 14, *au lieu de* de la Marmara, *lisez* de la Marmora.
Page 122, ligne 2, *supprimer le mot* remarquables.
Page 134, ligne 9 du bas, *au lieu de* Bonin-Snia, *lisez* Bonin-Sima.
Page 140, ligne 10 du bas, *au lieu de* Poremushir, *lisez* Paramushir.
Page 148, ligne 8 du bas, *au lieu de* point T, *lisez* point I.
Page 163, ligne 4, *au lieu de* les cercles, *lisez* des cercles.
Page 180, ligne 15 du bas, *au lieu de* tteint, *lisez* atteint.
Page 208, ligne 2 du bas, *au lieu de* Trœlhalta, *lisez* Trœlhatta.
Page 214, ligne 6, *au lieu de* à l'est, *lisez* à l'ouest.
Page 239, ligne 1 du bas, note, *au lieu de* p. 29, *lisez* p. 1257.
Page 250, ligne 4, *au lieu de* 13 kilomètres, *lisez* 15 kilomètres.
Page 251, ligne 5 du bas, *au lieu de* sud-est, *lisez* sud-ouest.
Page 268, ligne 14, *au lieu de* donne lieu, *lisez* donne matière.
Page 270, ligne 5 du bas, *au lieu de* N.-O., *lisez* N.-E.
Ibid. ligne 1 du bas, *au lieu de* N.-O., *lisez* N.-E.
Page 274, ligne 4, *au lieu de* N. 50° N., *lisez* N. 50° O.
Page 281, ligne 7, *au lieu de* d'Entremont-de-Saint-Pierre, *lisez* d'Emtremont, de Saint-Pierre.
Page 283, ligne 1 du bas, *au lieu de* 13 kilomètres, *lisez* 15 kilomètres.
Page 286, ligne 1 du bas, *au lieu de* Forceval, *lisez* Forceral.
Page 288, ligne 13 du bas, *au lieu de* 38°, *lisez* 88°.
Page 293, ligne 16, *au lieu de* Saint-Parèse, *lisez* Saint-Parise.
Page 294, ligne 9 du bas, *au lieu de* 1,562, *lisez* 1,554.
Ibid. ligne 6 du bas, *au lieu de* oriental, *lisez* occidental.
Page 296, ligne 12, *au lieu de* de Caethness, *lisez* du Caethness.
Ibid. ligne 12 du bas, *au lieu de* sous la, *lisez* sur la.

Page 297, ligne 10, *au lieu de* M. Grunen, *lisez* M. Gruner.
Page 299, ligne 8, *au lieu de* quant à, *lisez* à.
Page 302, ligne 12, *au lieu de* de Lison, *lisez* du Lison.
Page 303, ligne 1, *au lieu de* l'*hexatétraédrique* Dac, *lisez* l'*hexatétraédrique* Haa.
Page 305, ligne 4, *au lieu de* à l'est, *lisez* à l'ouest.
Page 327, lignes 1 et 4 du bas, *au lieu de* le Kander, *lisez* la Kander.
Page 337, ligne 15, *au lieu de* Roer, *lisez* Roër.
Page 339, ligne 5 du bas, *au lieu de* Saint-Parèse, *lisez* Saint-Parise.
Page 340, ligne 10, *au lieu de* la Chapelle, *lisez* la Capelle.
Page 341, lignes 5 et 17, *au lieu de* la Chapelle, *lisez* la Capelle.
Page 347, ligne 13 du bas, *au lieu de* au S.-S.-E., *lisez* à l'E.-S.-E.
Page 348, ligne 11 du bas, *au lieu de* stratification des, *lisez* stratification, des
Page 366, ligne 5, *au lieu de* Morvan, *lisez* Morbihan.
Page 373, ligne 13, *au lieu de* et où, *lisez* où.
Page 424, ligne 15, *supprimer* notre cercle.
Page 431, lignes 4 et 12, *au lieu de* Mohanuddy, *lisez* Mahanuddy.
Page 439, ligne 1 du bas, *au lieu de* Karangan, *lisez* Karagan.
Page 517, ligne 13 du bas, *au lieu de* angles, *lisez* sommets.
Page 524, ligne 12 du bas, *au lieu de* sur la, *lisez* dans la.
Page 528, ligne 8 du bas, *au lieu de* du, *lisez* de.
Page 551, ligne 1 du bas, *au lieu de* mon, *lisez* mon-.
Page 554, ligne 10 du bas, *au lieu de* les comprendre tous, *lisez* comprendre tous les districts.

BINDING SECT

PLEASE DO NOT REMOVE
CARDS OR SLIPS FROM THIS POCKE

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

QE 651 E4
Elie de Beaumont, Léonce
Rapport sur les progrès
la stratigraphie par L. Ehe
Beaumont

P&ASci